

AUMENTO DA CONFIABILIDADE E DISPONIBILIDADE DOS SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS DA ARCELORMITTAL TUBARÃO¹

Patrick Soares Silva²
Antônio Carlos Aguiar Gagno Júnior²

Resumo

São inúmeros os benefícios provenientes da implantação de sistemas de automação em plantas siderúrgicas, sem os quais, já se considera cada vez mais difícil obter um produto final dentro das especificações físico-químicas e da qualidade exigidas pelos clientes. Para garantir a continuidade do processo de produção, otimização e monitoração em todas as suas etapas, uma boa estratégia de manutenção desempenha papel fundamental. Este trabalho tem por objetivo demonstrar algumas ferramentas e técnicas de manutenção adotadas nos sistemas de otimização de processos da ArcelorMittal Tubarão, também denominados Sistemas de Automação de Nível 2, visando aumento da confiabilidade e disponibilidade dos ativos, garantia de estabilidade operacional e redução da variabilidade do processo. Serão ainda abordadas as estratégias e melhores práticas consolidadas para o prolongamento da vida útil dos sistemas, muitas das quais incorporadas do ambiente de Tecnologia da Informação (TI), abrangendo: atualizações tecnológicas, homogeneização do parque de computadores de processo, controle e otimização de sobressalentes, padrões e testes de contingência, procedimentos operacionais, monitorações de performance e análises preditivas, rotinas automáticas de *backup*, contratos de manutenção *on-site*, sistemas de armazenamento externo, planos de recuperação de desastres e projetos de virtualização. A metodologia adotada, alinhada com a filosofia do sistema de manutenção central da usina, é hoje um dos principais responsáveis pelo alto índice de disponibilidade dos sistemas de automação da ArcelorMittal Tubarão, superior a 99,9550%.

Palavras-chave: Automação; Manutenção; Confiabilidade; Disponibilidade.

INCREASE OF RELIABILITY AND AVAILABILITY OF THE ARCELORMITTAL TUBARÃO PROCESSES AUTOMATION SYSTEMS

Abstract

There have been countless the benefits from the deployment of automation systems in steel plants, without which, it is already considered increasingly difficult to obtain a final product within the physic-chemical specifications and the quality required by the clients. To ensure the continuity of the production process, optimization and monitoring in all of its stages, a good maintenance strategy plays a key role. This paper aims to demonstrate some tools and maintenance techniques adopted in the ArcelorMittal Tubarão processes optimization systems, also known as Level 2 Automation Systems, aiming the increase of the assets reliability and availability, guarantee of operational stability and reduction of the process variability. There will also be discussed the strategies and best consolidated practices for the systems life extension, many of which incorporated from the Information Technology (IT) environment, covering: technological updates, homogenization of the process computers set, control and optimization of spare parts, contingency standards and tests, operational procedures, performance monitoring and predictive analysis, automatic backup routines, on-site maintenance contracts, external storage systems, disaster recovery plans and virtualization projects. The adopted methodology, in line with the central maintenance plant system, is one of the principal responsible for the high availability of the ArcelorMittal automation systems, higher than 99,9550%.

Key words: Automation; Maintenance; Reliability; Availability.

¹ Contribuição técnica ao 14º Seminário de Automação de Processos, 6 a 8 de outubro de 2010, Belo Horizonte, MG.

² Especialista em Desenvolvimento de Automação e Instrumentação, ArcelorMittal Tubarão

1 INTRODUÇÃO

As constantes transformações tecnológicas do mundo moderno, no qual muito do que se duvidava há algumas décadas já faz parte do cotidiano do homem contemporâneo, têm exigido um considerável esforço por parte das pessoas e organizações para acompanhar as novas tendências e se manterem competitivas no mercado. No caso das indústrias, mudanças de tecnologia nem sempre são simples e ponderadas com positivismo, principalmente quando tal ação pode inferir na qualidade do produto final. No intuito de reduzir os possíveis riscos à produção, ter um bom planejamento torna-se estratégia fundamental.

Os principais objetivos que motivaram o desenvolvimento deste estudo se baseiam na real necessidade de reestruturação produtiva dos sistemas de otimização, com foco na manutenção da vida útil e busca da excelência operacional, além da especificidade do cenário abordado e escassez de literaturas com relação ao conjunto de variáveis analisadas.

Para tanto, este artigo se divide em quatro partes. A primeira apresenta a metodologia adotada para o desenvolvimento da pesquisa. Na segunda, são discutidas as estratégias e ferramentas utilizadas para gestão de mudanças nos sistemas de automação. A terceira demonstra o controle do índice de disponibilidade dos sistemas abordados e, por fim, são apresentados os resultados obtidos e as conclusões do trabalho.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa desenvolvida para atingir o objetivo ao qual este trabalho se propõe pode ser classificada como aplicada, qualitativa, explanatória e experimental, de acordo com Silva e Menezes.⁽¹⁾

Na fase de coleta de dados foram analisados, para cada plataforma de *hardware* dos computadores de processo da empresa, os pontos críticos, em termos de performance, estabilidade, capacidade, escalabilidade, vida útil e custos, utilizando as ferramentas de apoio à manutenção, detalhadas posteriormente, e através de entrevistas não-estruturadas com os administradores de cada sistema. A partir da análise de conteúdo, definiu-se planos de ação, apresentados no decorrer do trabalho, para seguintes os pontos de atenção identificados:

Tabela 1. Pontos de atenção

atualizações	<i>backups</i>	confiabilidade	contingência
controle	custos	disponibilidade	escalabilidade
facilidade	falhas	garantia	gestão
implantações	manutenção	obsolescência	operabilidade
padronização	procedimentos	redundância	simulação
sobressalentes	suporte	testes	vida útil

3 GESTÃO DE MUDANÇAS

A busca por uma maior competitividade, mediante ao cenário globalizado da economia mundial, exige cada vez mais das empresas alta flexibilidade para adaptação às constantes transformações do mercado. É com base nessa premissa que alterações em processos, tecnologias e mesmo reestruturações são comumente vivenciadas no âmbito corporativo.

A ArcelorMittal Tubarão, que já enfrentou períodos significativos de transição, desde a privatização, em 1992, aquisição pelo grupo francês Arcelor e posterior fusão com a indiana Mittal Steel, formando a nova composição acionária da companhia, conhece bem a importância da definição de uma estratégia de gestão de mudanças com foco no desenvolvimento organizacional.

Após implantação do primeiro computador de processo, série PDP-11, no início de operação da usina, muitas atualizações precederam o atual cenário dos sistemas de automação, seja por adequação ao processo, aumento de confiabilidade, fim de vida útil, dentre outros. Modificações no ambiente de produção, nesse contexto, podem trazer resultados imprevisíveis se não projetadas de modo eficaz. Contar com um planejamento centrado na gestão de mudanças objetiva controlar os riscos e minimizar as incertezas, garantindo assim o sucesso esperado.

Os itens a seguir demonstram as estratégias adotadas nos sistemas de automação da ArcelorMittal Tubarão, visando o aumento da confiabilidade e disponibilidade.

3.1 A Manutenção em Sistemas de Otimização de Processos

Em uma planta industrial, quando se almeja a máxima disponibilidade e eficiência dos equipamentos que sustentam a produção, uma estratégia de manutenção bem consolidada e eficaz contribui não somente para a continuidade operacional, mas também, e principalmente, para o prolongamento de vida útil de seus ativos. Não fosse a manutenção, dificilmente a ArcelorMittal Tubarão alcançaria o recorde mundial de operação ininterrupta de seu primeiro Alto-Forno, há 27 anos, desde a partida da usina, sem parar para grandes reformas. Esta planejada apenas para 2012.

É com base nessa missão, de garantir a estabilidade operacional e reduzir as variabilidades do processo, que as equipes de manutenção, apoiadas pelo Departamento de Manutenção Central da companhia, atuam majoritariamente de forma preventiva e preditiva, antecipando-se ao problema, com o auxílio de técnicas e ferramentas avançadas para análise de falhas, abordadas nos capítulos a seguir.

3.1.1 Relatórios de performance

Desempenham função importante para avaliação de gargalos nos sistemas e redes de processo, atuando de forma preditiva na identificação de falhas em algum componente físico ou lógico e necessidades de melhorias, permitindo assim uma atuação preventiva e planejada, prioritariamente durante paradas programadas das plantas, sem causar transtornos à operação.

3.1.2 Sistema de monitoração de redes (MRedes)

Além dos computadores de processo, as redes que trafegam os dados da produção para os Sistemas de Automação, os quais enviam *setpoints* para otimização do processo, demandam operação ininterrupta, sob risco de parar a operação, em caso de falha. No intuito de prevenir tais incidentes, foi desenvolvida internamente, na plataforma Visual Basic 6, posteriormente aprimorada em Java, uma ferramenta para monitoração das redes de processo, para consultas SNMP nos mais de 130 *switches* distribuídos em todas as plantas da usina.

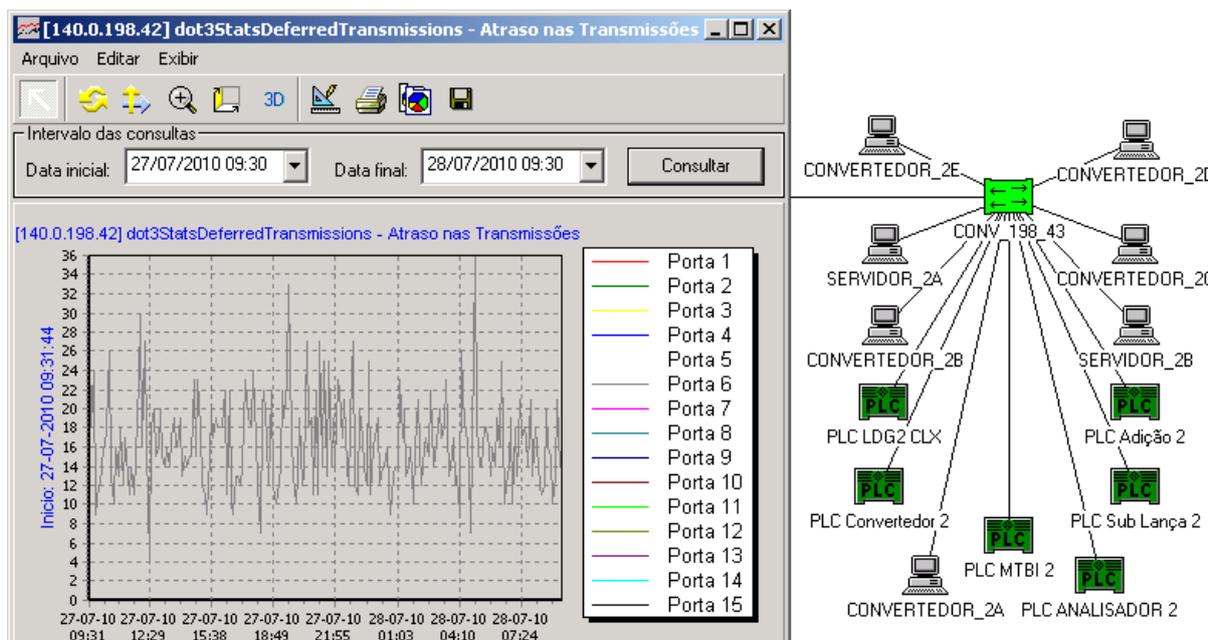


Figura 1. Exemplo de consulta SNMP em switch para diagnóstico de “Atraso nas Transmissões”.

3.1.3 Sistema de gerenciamento de Hosts (SGHosts)

Ferramenta também desenvolvida internamente, inicialmente em Visual Basic 6 e posteriormente aprimorada em Java, responsável por monitorar as principais variáveis dos Sistemas de Otimização de Processos e gerar alarmes, caso seja reportado algum valor fora dos parâmetros definidos na aplicação. Permite consultas gráficas e mantém base histórica para análise de impactos após intervenções, e do comportamento dos sistemas a longo prazo. É utilizada também para auditorias nos sistemas e controle de periodicidade de *backups*.

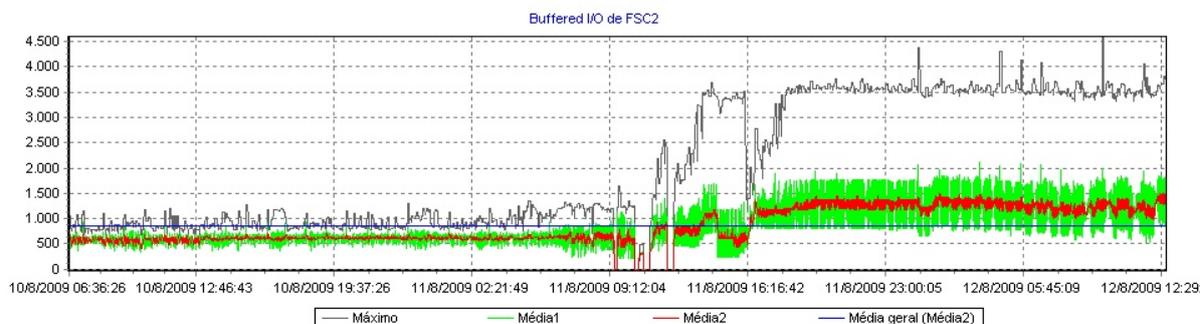


Figura 2. Exemplo de análise preditiva no Sistema de Gerenciamento de Hosts (SGHosts).

3.1.4 Inventário de ativos e controle de sobressalentes

Em um ambiente de produção, cuja disponibilidade é fator crítico, conhecer os ativos que suportam os sistemas de otimização do processo é item fundamental para a minimização de impactos, quando da falha de algum equipamento e a necessidade de atuar de forma corretiva, para reposição e retorno à operação no menor tempo. O controle dos Sistemas de Automação da ArcelorMittal Tubarão foi implementado no Sistema de Registro de Ocorrências, Sisocorr, que, além de controlar as intervenções realizadas nos sistemas de automação, ainda permite o registro e a manipulação do inventário de *hardware* dos computadores de processo e sobressalentes disponíveis, atualizado periodicamente com base nas modificações no ambiente de produção. A base de dados centralizada também possibilita o

controle estatístico dos itens instalados e disponíveis, auxiliando na reposição dos recursos, quando solicitados.



IDU/UA - Gerência de Engenharia de Automação

Consulta de Equipamentos - Hardware

Equipamento: AFOR01 - AlphaServer DS20E 667 MHz						
Classe	Modelo	Capacidade	Serial Number	Versão Firmware	Instalação	Garantia
Gabinete de CPU	DS20E		4112DV6Z1012		13/06/2008	
Placa Mãe MB	DS20E		AY11104509		13/06/2008	
Placa de CPU	DS20E	667 MHz	AY20408260		13/06/2008	
Memoria	20-01CSA-08	1 GB(128 MB)			13/06/2008	
Memoria	20-01CSA-08	1 GB(128 MB)			13/06/2008	
Disco Rígido	BF03669BC3	36 GB			13/06/2008	
Disco Rígido	BF03669BC3	36 GB			13/06/2008	
Placa Adaptadora SCSI	SYMBIOS 895	1 Canal	CD04102158		13/06/2008	
Placa Adaptadora SCSI	SYMBIOS 895	1 Canal	CD0412933		13/06/2008	
Placa de Rede		4 Canais	5S10703437		13/06/2008	
Drive de CD-ROM	TEAC EIDE	24X			13/06/2008	
Drive de Fita DAT Interna	DDS4	20/40 GB			13/06/2008	
Placa controladora óptica, adaptadora FC	FCA2684	2 Gbps	P86740BX1SQ0NM		13/06/2008	
Placa controladora óptica, adaptadora FC	FCA2684	2 Gbps	P86740BX1SQ0J7		13/06/2008	
Placa de Vídeo	ELSA GLORIA	8 MB	13890CBSL80LF		13/06/2008	
Fonte de Alimentação	DS20E	375 W	2P04900502		13/06/2008	
Fonte de Alimentação	DS20E	375 W	2P04900444		13/06/2008	
Fonte de Alimentação	DS20E	375 W	2P04800181		13/06/2008	

Figura 3. Exemplo de inventário de *hardware* de servidor de processo no SISOCORR.

3.1.5 Sistema de registro de ocorrências (Sisocorr)

Sistema de gerenciamento de dados, também desenvolvido internamente, plataforma Visual Basic 6, que, além de utilizado para controle de sobressalentes, possui outras funcionalidades importantes, como o registro das falhas nos sistemas de automação, dos suportes prestados aos clientes para esclarecimentos ou melhorias, ocorrências e anomalias operacionais. A ferramenta objetiva na centralização de toda intervenção realizada nos sistemas, seja para diagnósticos, correções ou melhorias, através de base histórica em expansão contínua. Dessa forma, é controlado o principal índice do Órgão de Engenharia de Automação, a Disponibilidade dos Sistemas de Nível 2, abordado no capítulo 4.



IDU/UA - Gerência de Engenharia de Automação

Relatório de Registro de Ocorrências da Automação

Número	006623	Sistema	RH2 - Desgaseificação a Vácuo 2	
Ocorrência	Início: 18/01/2009 18:00	Fim: 20/01/2009 10:30	Duração: 1 16:30	
Atendimento	Início: 20/01/2009 10:30	Fim: 20/01/2009 19:00	Duração: 0 08:30	
Gravidade	Nenhum	Peso	0,00	
Grupo / Sub-Grupo	Hardware -> Outros			
Anomalia				
Atendente	GERCILIO CARLOS ZUQUI JUNIOR			
Envolvidos	ANTONIO CARLOS A. GAGNO JR. - Suporte Automacao CESAR A. MARTINAZZI GARCIA - Suporte Automacao REGINALDO MACAU - Suporte Externo			
Problema				
Ao se tentar efetuar o desligamento do servidor RH21, durante a parada geral da aciaria de 20/01/09, foi verificado que o mesmo encontrava-se em halt devido a um erro de paridade de memória.				
Ação Imediata				
- Efetuado reboot do servidor; - Feito export do banco de dados de produção; - Aplicado o plano de contingência utilizando o servidor RH22 como produção.				
Análise do Problema				
Foi verificada a ocorrência de uma falha de hardware no servidor RH21 (erro de paridade de memória), que por esta razão entrou em halt sinalizando o erro através do led de diagnóstico.				
Plano de Ação	Responsável	Dt. Prev. Concl.	Dt. Real. Concl.	
Sem Necessidade de Plano de Ação				
Consequências				
Sem perdas pois operação da Planta RH2 estava parada desde 17/01/09, devido a estratégia operacional.				
Observações				
Sistema do RH2 de produção em funcionamento sem contingência até que seja sanado o problema no servidor RH21.				
Verificada a Eficacia do Plano?	Dt. Verificação	Responsável	Parecer da Verificação	
SIM	12/03/2009			

Figura 4. Exemplo de ocorrência registrada no SISOCORR.

3.1.6 Manutenção corretiva

Por mais que se tenha sistemas robustos de análises preditivas e um planejamento consolidado para atuações preventivas, no intuito de minimizar ao máximo a necessidade de intervenções corretivas nos sistemas de produção, não se pode simplesmente ignorar os riscos. Um plano eficaz de manutenção se compõe principalmente por procedimentos de contingência, que visam garantir o retorno do processo, enquanto falha.

Dentre as técnicas utilizadas nos Sistemas de Otimização para atuações corretivas, destaca-se a manutenção de conjuntos, que permite uma intervenção rápida, com foco na disponibilidade, em detrimento da análise e correção do problema, etapa desenvolvida posteriormente em laboratório. Com a otimização dos planos de contingência e externalização dos volumes dos sistemas, o tempo de normalização pós-falha reduziu consideravelmente de algumas horas, sem garantia de recuperação de dados, para poucos minutos, na maioria dos casos sem perda das informações do processo.

3.1.7 Contratos de manutenção

Quando se trabalha com sistemas complexos, além de se prevenir com as ferramentas e técnicas disponíveis para operação e manutenção destes, contar com profissionais especializados é de suma importância na busca da excelência operacional. É com essa visão que a ArcelorMittal Tubarão utiliza o apoio de parceiros através de contratos de manutenção de longo prazo.

Além dos contratos de manutenção de sistema operacional, *storages*, bancos de dados e de desenvolvimento de *software*, grande parte dos serviços de infraestrutura de automação são terceirizados, com equipe *on-site* que atua tanto no planejamento das atividades preventivas e melhorias, quanto no primeiro atendimento às emergências, objetivando normalizar os sistemas no menor tempo. Todos os serviços são devidamente registrados, permitindo consulta posterior.

3.2 Homogeneização dos Computadores de Processo

Com a expansão da usina, implantação de mais plantas industriais e, com estas, novos sistemas de nível 2, a plataforma de *hardware* dos computadores de processo torna-se demasiadamente heterogênea, prejudicando as atuações preventivas, preditivas e, principalmente, corretivas. O planejamento realizado para substituição dos servidores em fim de vida útil por modelos intercambiáveis foi o alicerce do desenvolvimento das inúmeras funcionalidades, procedimentos e ferramentas do cenário atual, cujos benefícios são descritos nas linhas posteriores e apresentados em estudo comparativo ao final do artigo.

3.2.1 Padronização de sistemas operacionais e aplicativos

Os Computadores de Processo da empresa, internamente denominados PROCOMs, acrônimo de *Process Computers*, responsáveis por rodar os sistemas de automação, são, em sua maioria, baseados em arquitetura de RISC.¹ Há mais de 20 anos acompanhando o crescimento da usina, após várias atualizações de plataformas, a alta confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos e sistemas são alguns dos principais responsáveis pela relutância à mudança de arquitetura.

Para o gerenciamento dos sistemas, definiu-se a utilização de duas únicas versões do sistema operacional OpenVMS. Tal padronização permite, de modo eficiente, a homologação das atualizações de *patches* recomendadas pelo fabricante, as quais são comumente testadas previamente em laboratório, posteriormente validadas nos sistemas de desenvolvimento e contingência de cada área e, por fim, aplicadas nos sistemas de produção, durante as paradas programadas das plantas. A prática também é expandida aos demais aplicativos instalados, para os quais se mantém a última versão estável suportada e homologada em todas as áreas.

Além dos benefícios já mencionados, destaca-se ainda a segurança da plataforma, uma vez que, historicamente, nunca foi reportada a infecção por vírus no sistema operacional utilizado, enquanto nos demais ambientes CISC² é necessário uma política de segurança eficaz e alto comprometimento dos profissionais de TI, no intuito de evitar possíveis contaminações.

¹ **RISC**: Arquitetura de processamento de alto desempenho baseada em conjunto de instruções simples executadas diretamente por *hardware*.⁽²⁾

² **CISC**: Ao contrário da arquitetura RISC, é baseada em conjunto de instruções complexas executadas por *software* e posteriormente convertidas em linguagem de *hardware*. Em teoria, é menos performático.⁽²⁾

3.3 SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO EXTERNO DE DADOS

Ainda que se estabeleça uma configuração redundante de discos, a exemplo do RAID,³ nos servidores RISC, por mais robusto que o equipamento seja, o risco de falha e perda de dados é iminente e crucial, em se tratando de sistemas de produção que interagem diretamente com o processo e influenciam na qualidade do produto final. A externalização dos volumes de produção dos servidores de processo, utilizando *storages*, foi a solução adotada na ArcelorMittal Tubarão, objetivando a minimização de impactos provenientes de falhas de *hardware*.

Um dos grandes benefícios de se utilizar uma estrutura de armazenamento externo é o alto índice de confiabilidade do conjunto, promovido através de conexões e dispositivos altamente redundantes. Estes, além de permitirem a reposição de peças danificadas, como controladoras, fontes e discos, sem causar indisponibilidade dos sistemas em produção, ainda podem desempenhar o papel de balanceamento de carga, otimizando os recursos disponíveis e contribuindo para a estabilidade do ambiente.

Desde o início da década de noventa, a ArcelorMittal Tubarão, na época Companhia Siderúrgica de Tubarão, utiliza os benefícios da externalização dos volumes de produção, objetivando promover maior redundância e contingência para os sistemas de automação. Não há um padrão na empresa que indique qual configuração de discos aplicar, ainda que a maioria dos volumes estejam configurados em RAID 1 (espelhamento) e RAID 5 (distribuição e paridade), cujos critérios para definição têm como base as recomendações do fabricante, em termos de performance e confiabilidade, além da quantidade de sistemas e recursos disponíveis.



Figura 5. Configuração redundante de sistema de armazenamento externo.

³ **RAID:** Permite combinar vários discos para aumentar a performance e/ou a confiabilidade do equipamento.

Os procedimentos de contingência, já otimizados com a homogeneização de *hardware* dos servidores, tornaram-se ainda mais eficientes após migração para *storages*, o qual permitiu que um único servidor de contingência fosse mantido para um conjunto de máquinas de produção e que este assumia qualquer sistema em poucos minutos, em caso de falha no *hardware* original.

3.4 Rotinas Automáticas de *Backup*

Ainda que não se tenha reportado nenhuma ocorrência de perda de dados nos *storages*, com a externalização dos volumes de produção dos sistemas e consequente inutilização dos discos internos nos servidores, para garantir a segurança dos dados de produção, mesmo após falha no sistema de armazenamento, foi desenvolvido internamente uma rotina automática para *backup* periódico dos volumes em *storage* para os discos internos nos respectivos computadores de processo. A padronização da aplicação permitiu sua replicação em todos os sistemas, modificando-se apenas um arquivo de parâmetro, que armazena definições e indica quais dados e volumes serão armazenados, o tipo de *backup* (imagem ou incremental), e a periodicidade de cada item.

3.4.1 Testes em laboratório

Com os discos dos servidores atualizados, toda e qualquer modificação necessária no ambiente de produção, como atualizações de aplicativos, *software* básico ou *patches* de correção, pode ser homologada previamente em laboratório, inserindo em um servidor reserva os discos que contém o último *backup* do sistema. Evita-se, assim, possíveis impactos no processo, contribuindo ainda para a revalidação e identificação de oportunidades de melhorias nos procedimentos técnicos e operacionais.

3.5 Planos e Testes de Contingência

Tão importante quanto adequar uma estrutura de contingência capaz de suportar os sistemas de nível 2, é consolidar uma estratégia de atuação eficaz e eficiente, que permita o retorno em operação no menor tempo.

No intuito de atender a essa condição, para cada conjunto de sistemas conectados a um *storage*, foi desenvolvido um Padrão de Contingência, devidamente registrado no sistema interno de controle de padrões da empresa (SisPad), que rege os passos necessários para inicialização do sistema através de um servidor de contingência, em caso de falha no equipamento de produção, como também através dos discos internos, mediante a falha no *storage*.

Com o objetivo de minimizar possíveis perdas de dados e o tempo de indisponibilidade operacional, é realizado o controle de periodicidade dos testes de contingência em cada sistema de produção. Tal ação implica não apenas na validação do procedimento, mas também na difusão de conhecimentos entre seus administradores e identificação de melhorias que possam otimizar o processo.

4 ÍNDICE DE DISPONIBILIDADE DOS SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO

Garantir um produto final de boa qualidade, com base nas especificações dos clientes, é uma prática almejada por praticamente toda empresa, principalmente no setor siderúrgico. Neste aspecto, além do elevado custo material, há ainda os riscos

inerentes de uma falha operacional, que pode ocasionar sérios acidentes, uma vez que o objeto manipulado é o ferro-gusa líquido em alta temperatura.

Considerando que os sistemas de otimização de processos interagem diretamente no atendimento às propriedades físico-químicas requeridas para o produto, toda e qualquer falha pode gerar resultados imprevisíveis, a exemplo dos riscos citados no parágrafo anterior.

A proposta de mensurar as principais ocorrências, que geram paradas nos sistemas de produção, se objetiva em controlar e mitigar as variabilidades do processo, com foco na disponibilidade dos sistemas de nível 2. Através deste índice, é evidenciado a qualidade das placas e bobinas a quente produzidas na empresa, cuja média registrada em 2009 superou a meta do ano, de 99,9550%.

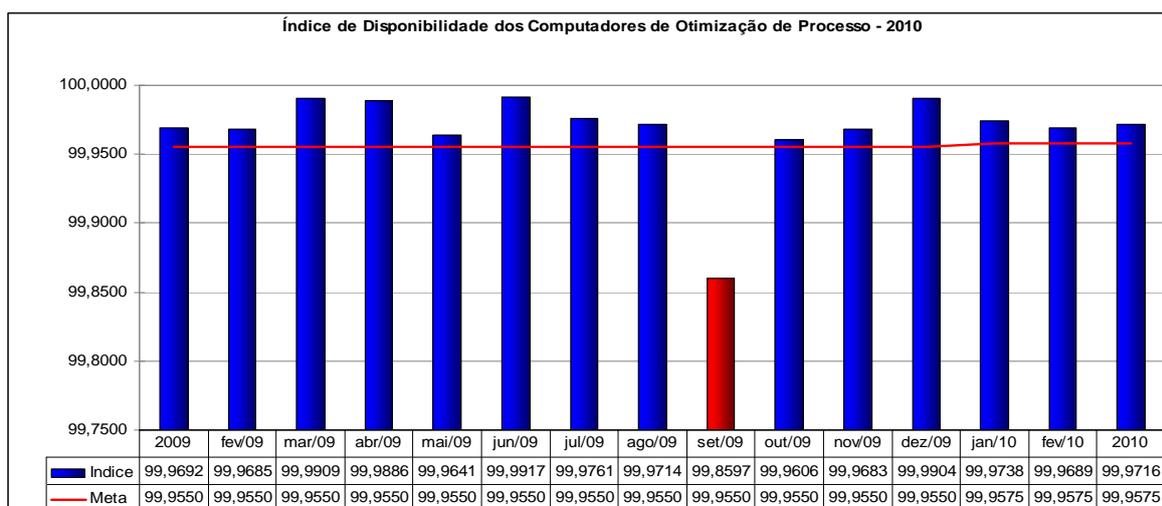


Figura 6. Índice de Disponibilidade dos Sistemas de Nível 2, entre fev/2009 e fev/2010.

5 RESULTADOS

Para destacar os resultados obtidos no estudo realizado, emprega-se um comparativo entre os cenários inicial e atual do sistemas de automação, com base nos pontos de atenção trabalhados e nas modificações propostas adotadas. Estas últimas, foram transparentes para a maioria das áreas de operação, com exceção apenas em alguns casos, nos quais se constatou aumento significativo em performance.

Tabela 2. Comparativo entre cenários

Cenário Inicial	Cenário Atual
Custo elevado: um servidor de contingência e sobressalentes específicos para cada máquina de produção;	Custo otimizado: um servidor de contingência e desenvolvimento de melhorias para, no mínimo, quatro servidores de produção e sobressalentes intercambiáveis entre todas as máquinas;
Falta de controle dos ativos e sobressalentes: modificações no ambiente de produção não registradas e dificuldade para reposição de peças no mercado, por descontinuidade do produto, resultando em baixo estoque de sobressalentes;	Controle de ativos e sobressalentes em banco de dados: sistema centralizado com inventário de todos os itens de <i>hardware</i> dos servidores de produção, contingência e sobressalentes disponíveis, atualizado periodicamente, facilitando a análise estatística e previsibilidade de reposição;
Baixa confiabilidade: equipamentos em fim de vida útil, com alta frequência de ocorrências por falha de <i>hardware</i> e elevado custo de manutenção, fora de garantia e suportabilidade do fabricante para correções em <i>software</i> básico e manutenção de <i>hardware</i> ;	Manutenção da garantia e suporte do fabricante: contratos de manutenção de <i>software</i> básico e <i>storages</i> , incluindo atualizações de produtos e firmware para a última versão disponível;
Plataforma de hardware limitada: não homologado para trabalhar com versões atualizadas de sistema operacional, pré-requisito para migração a sistema de armazenamento externo de dados (<i>storage</i>);	Plataforma de hardware atualizada: maior confiabilidade, com suporte a versões atualizadas de sistema operacional e <i>storages</i> .
Falta de padronização dos procedimentos: específicos para cada sistema e suscetíveis a obsolescência em cada modificação no ambiente de produção;	Otimização de procedimentos: padronização dos procedimentos de contingência, facilitando a absorção de conhecimento e minimizando o tempo necessário para retorno dos sistemas em operação. Definido um procedimento de contingência por <i>storage</i> , abrangendo todos os sistemas conectados;
Testes em ambiente não adequado: novas implantações aplicadas nos sistemas sem validação prévia em laboratório, por escassez de recursos ou dificuldade para adequação do ambiente de simulação;	Testes preventivos: simulação e validação de testes em laboratório previamente à implantação no ambiente de produção, prevenindo indisponibilidade por falha operacional e instabilidade dos sistemas;
Contingência ineficiente: necessário retirar periféricos do servidor em falha e instalá-los no de contingência (discos rígidos, controladoras), gerando alto desperdício de tempo e sem garantias de funcionamento. Backup em fita como única fonte de contingência para discos de produção;	Contingência adequada: controle e validação periódica de testes de contingência por manutenção de conjuntos e <i>hardware</i> altamente intercambiável. Rotinas automáticas de <i>backup</i> para discos internos e entre <i>storages</i> , garantindo retorno rápido, em caso de falha, e minimizando perdas de dados de produção;
Elevado risco de perda de dados de produção, em caso de falha nos discos rígidos, devido ao alto intervalo de <i>backups</i> , realizados mensalmente para fitas magnéticas, e baixa confiabilidade do meio;	Alta redundância: sistemas de armazenamento externo sem ponto único de falha e alimentação redundante, com abertura automática de chamado junto ao fabricante, em caso de falha;

O tempo de paradas ocasionadas por falhas de *hardware*, no período mensurado, entre 2008 e 2009, reduziu aproximadamente 57%, de 1971 para 850 minutos. Os valores computados até o primeiro semestre de 2010 indicam redução ainda mais significativa, contabilizando 190 minutos parados.

Identifica-se ainda duas potenciais oportunidades de trabalho futuras que podem contribuir para o objetivo ao qual este estudo se propõe, comumente empregadas em ambientes de TI e tendencialmente difundidas também em sistemas de automação, com projetos já em andamento.

Tabela 3. Cenário Previsto.

Backup automático entre sites: armazenamento redundante, utilizando *storages* instalados em sites distintos, através de conexões dedicadas de alta velocidade, permitindo recuperação dos dados em caso de desastre. Previsto para 2011;

Virtualização: abstração física do ambiente de produção, alta redundância, escalabilidade e recursos disponíveis quando necessário. Projeto piloto (PIMS) previsto para 2011.

6 CONCLUSÃO

Com base nos resultados apresentados, pode-se comprovar que o trabalho realizado não apenas contribuiu para o aumento da confiabilidade e disponibilidade dos sistemas de automação da ArcelorMittal Tubarão, como também superou as expectativas, através da identificação de novas oportunidades de melhorias que atuem prioritariamente na otimização dos recursos e processos, permitindo assim o desenvolvimento de novos projetos, objetivando a excelência e a estabilidade operacional.

Agradecimentos

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho e, em especial, à ArcelorMittal Tubarão, objeto de estudo, que proporcionou os recursos e apoio necessários para a sua viabilização.

REFERÊNCIAS

- 1 SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. 3. ed. Florianópolis:** UFSC, 2001. 121 p. Disponível em: <<http://projetos.inf.ufsc.br/arquivos/Metodologia%20da%20Pesquisa%203a%20edicao.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2010.
- 2 TORRES, Gabriel. **Hardware curso completo.** 4. ed. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2001. 1440 p. ISBN 85-7323-165-3.