

CONDUTO CIRCULAR ARCELORMITTAL MONLEVADE: UM REPARO PIONEIRO¹

José Carlos Diniz²
Rui Carlos Malta Magalhães³
Frederico Concon Leite⁴

Resumo

O conduto circular do AF "A" da ArcelorMittal Monlevade apresentou sobreaquecimento e posterior deformação mecânica dos módulos metálicos #1, #2 e #22, possivelmente após queda ou desprendimento do revestimento refratário. Desde o início a DSI Refractory Engineering Services desenvolveu a solução de reparo junto com o corpo técnico da ArcelorMittal Monlevade. A solução de reparo para o conduto circular foi desenvolvida substituindo o concreto refratário existente, executado em 1999 com três camadas de concreto, por duas camadas de tijolos isolantes e uma camada de tijolos de alta alumina nos três módulos (#1, #2 e #22) e também o reparo mecânico parcial do módulo #22 que se apresentava muito danificado devido ao sobreaquecimento. Os demais módulos foram mantidos aquecidos. O objetivo do presente trabalho é detalhar todas as etapas da Grande Parada do Alto Forno "A" para Manutenção Mecânica e Refratária. A contratação *turn key* continha o escopo de gestão do projeto, desenvolvimento da solução técnica, planejamento das atividades da parada, preparativos pré-parada, pré-montagem mecânica e refratária, execução do reparo mecânico e refratário, dimensionamento dos recursos utilizados e atividades pós-parada. O reparo pioneiro de substituição do concreto refratário existente, que se encontrava danificado, por tijolos refratários e a sua correta junção construtiva em três módulos do conduto circular da ArcelorMittal Monlevade teve solução Taylor Made especificamente para atender ao design do equipamento e foi realizado dentro do prazo estabelecido, com qualidade dos serviços executados e zero acidente.

Palavras-chave: Conduto circular; Reparo; Refratário; Taylor made solution.

BUSTLE PIPE AT ARCELORMITTAL MONLEVADE: A PIONEER REPAIR

Abstract

The BF 'A' bustle pipe at ArcelorMittal Monlevade presented overheating and subsequent mechanical deformation of the metallic modules #1, #2 and #22, maybe after falling or unfastening of the refractory lining. Right from the beginning DSI Refractory Engineering Services has taken this repair development together with AMM Engineering crew. The bustle pipe repair solution was developed replacing the existing refractory lining, made in 1999 by three concrete layers, by two layers of insulating bricks and one layer of high alumina bricks in the three modules (#1, #2 and #22) and also the module #22 partial mechanical replacement which had badly damaged by overheating. The remaining bustle pipe modules were kept warm. The methodology presented to ArcelorMittal Monlevade can be considered pioneering activity worldwide. The objective of this study is to detail all the steps of the Blast Furnace "A" Shutdown for mechanical and refractory repair. The turnkey basis contract contained the scope of project management, technical solution development, shutdown planning activities, preparations, pre-assembly, mechanical and refractory repair execution, scaling necessary resources and activities after shutdown. The pioneer repair of existing concrete replacement, which had become damaged, by refractory bricks and the right connection construction between them in three bustle pipe modules at ArcelorMittal Monlevade had Taylor Made Solution specifically to fit the design of the equipment and was conducted within the prescribed time, sharp quality of the services performed and zero accident.

Key words: Bustle pipe; Repair; Refractory; Taylor made solution.

¹ Contribuição técnica ao 43º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 14º Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 1º Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 1 a 4 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.

² Diretor Executivo, DSI Refractory Engineering Services, MG, Itaúna, Brasil.

³ Analista de Processo, GAEMA, ArcelorMittal Monlevade, João Monlevade, MG, Brasil.

⁴ Lead Buyer Refractories, ArcelorMittal Brasil, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

A DSI Refractory Engineering Services (DSI) foi contratada em regime *turn key* para execução do reparo mecânico do módulo #22 e reparo refratário dos módulos #1, #2 e #22 no Conduto Circular do Alto Forno “A” da ArcelorMittal em João Monlevade/MG (AMM).

O Conduto Circular do Alto Forno “A” apresentou sobreaquecimento e posterior deformação na carcaça metálica dos Módulos #1, #2 e #22, possivelmente após queda ou desprendimento do revestimento refratário nesta região.

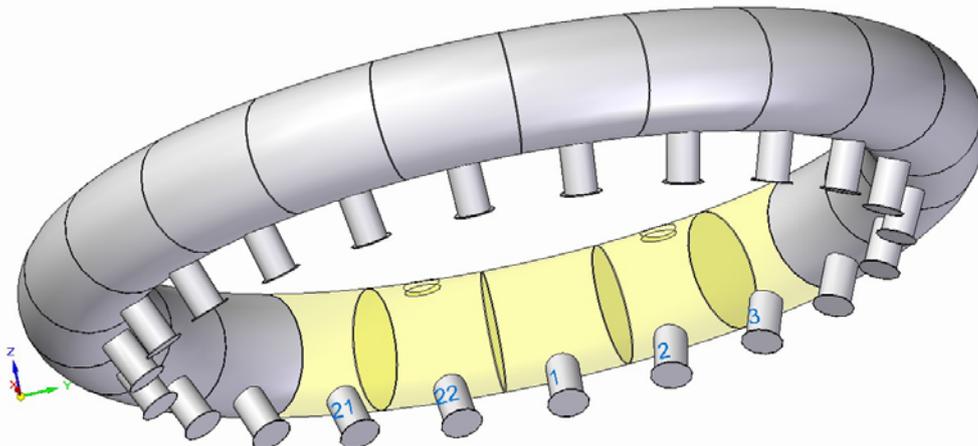


Figura 1. Estudo preliminar da área danificada.

O conduto circular do Alto Forno “A” está em operação desde 1999 e seu revestimento refratário foi projetado em design monolítico composto de uma camada de fibra isolante microtherm 25mm, uma camada de concreto isolante, uma camada de concreto semi-isolante e uma camada de concreto denso. Todos os concretos foram aplicados por projeção pneumática, suportados por âncoras em aço inox AISI 310.

A DSI em conjunto com corpo técnico da AMM desenvolveu solução de reparo para o conduto circular, substituindo o concreto refratário existente por tijolos em três módulos (#1, #2 e #22) e também o reparo mecânico do módulo danificado.

O objetivo do presente trabalho é informar detalhadamente todas as etapas da Grande Parada do Alto Forno “A” para Manutenção Mecânica e Refratária onde as equipes da DSI atuaram no conduto circular, ou seja:

- gestão do projeto;
- desenvolvimento de solução técnica;
- planejamento das atividades;
- preparativos realizados;
- execução do reparo; e
- recursos utilizados.

2 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA DO REPARO

A metodologia de trabalho apresentada a AMM pode ser considerada como atividade pioneira em nível mundial. O conduto circular do Alto Forno “A” da AMM possui revestimento refratário monolítico, com isso, a solução adotada deveria assegurar perfeita adequação no conjunto metálico existente, considerando suas imperfeições causadas por sobreaquecimento e verificadas principalmente na parte

superior e, também, a perfeita junção construtiva entre o material refratário existente e o novo design composto por tijolos.

A parada foi programada em 120 horas. Para obter sucesso na execução do reparo garantindo segurança aos envolvidos e qualidade de execução neste intervalo de tempo, algumas premissas tornaram-se preponderantes, tais como:

- planejamento e gestão;
- treinamentos de execução e segurança;
- atividades de mecânica;
- resfriamento da região de trabalho;
- deformações na carcaça alterando o raio de projeto;
- ligação efetiva do revestimento existente com o novo conjunto proposto;
- área de reparo: aproximadamente 9 metros
- número de peças para montagem: aproximadamente 11.000 tijolos;
- aquecimento do conjunto antes da entrada em operação; e
- plano B: aparatos e material de projeção pneumática.



Figura 2. Deformação da tubulação no conduto circular sobre ventaneiras #1 e #22.

3 ETAPAS DO PROJETO

3.1 Estudo

- participação de reuniões com a AMM;
- inspeções in loco;
- desenvolvimento de engenharia da solução de reparo;
- definição de materiais e formatos;
- aquisição de materiais;
- metodologia de execução do reparo mecânico;
- metodologia de execução do reparo refratário;
- definição de recursos necessários;
- elaboração do cronograma integrado; e
- elaboração do plano de segurança e matriz de criticidade.

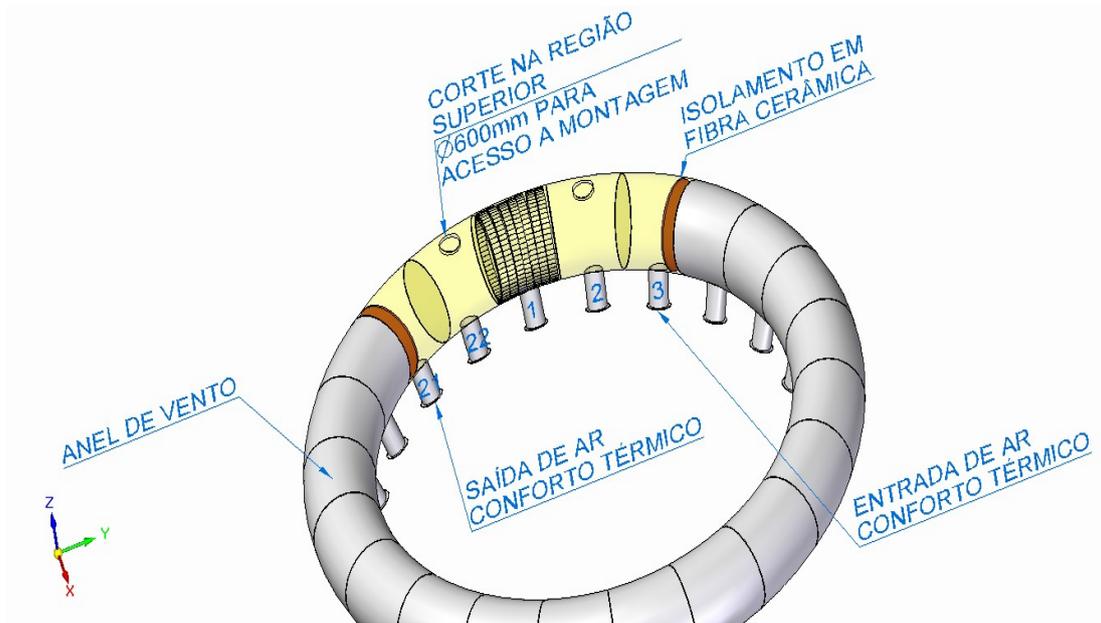


Figura 3. Detalhe do estudo de engenharia do reparo.

Nesta fase, em paralelo com as definições e aquisições de material mecânico e refratário, necessários ao reparo, foram realizadas reuniões de análise crítica de todas as atividades ligadas ao projeto, bem como, análise de recursos e metodologia de execução. A partir destes encontros, ficaram definidos os recursos humanos por disciplina e, também, a sequência de atividades para atender ao período programado de reparo.

Como o tempo de reparo fora determinado em 120 horas e a área de trabalho dotada de uma série de interferências, o desenvolvimento de atividades em paralelo (mecânica e refratária) tornou-se inevitável. A partir daí, assumir um cronograma único e controlado integralmente pela DSI provou ser a ferramenta mais efetiva na gestão e acompanhamento do projeto.

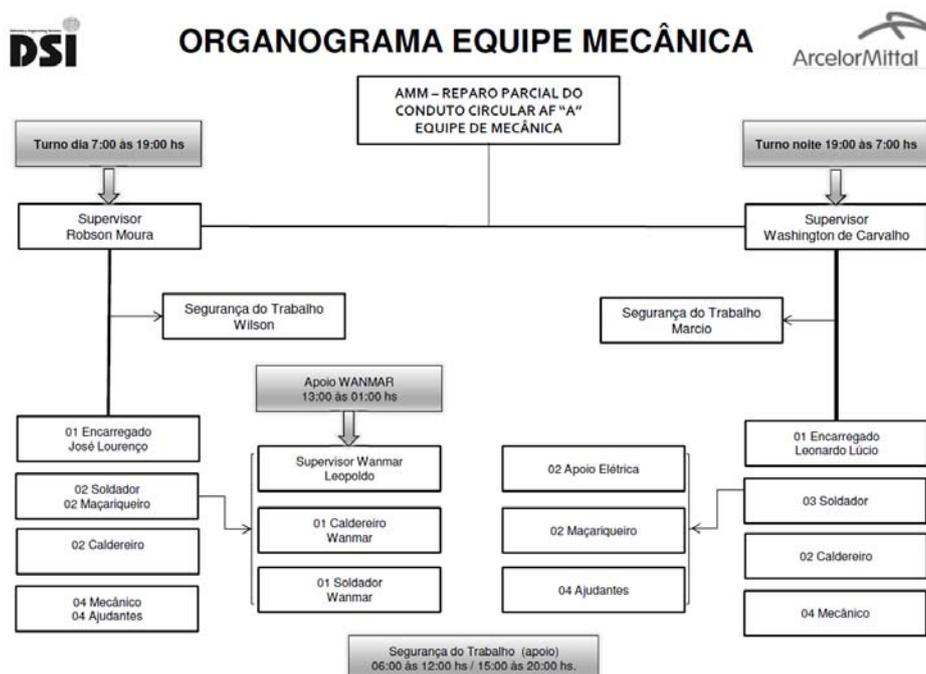


Figura 4. Definição de recursos necessários – Equipe mecânica.

A equipe de mecânica assumiu uma responsabilidade impar no projeto, pois tinha o dever de abrir as frentes de serviço imediatamente à liberação da área de trabalho. A retirada de *down legs* e abertura da janela de 600 mm na parte superior do conduto eram mandatórias para o início de atividades de demolição e limpeza da área de reparo do conduto circular.

O perfeito dimensionamento da equipe e ferramental, seu treinamento nas atividades e a garantia de trabalho em ambiente seguro seriam possíveis a partir de mobilização em tempo hábil, que garantisse aos profissionais o domínio na execução de suas tarefas e o respeito ao grupo de refratário que ali estaria dividindo uma área limitada em acessos e com alto grau de risco.

Tomou-se como prerrogativa a necessidade de interação entre as diferentes disciplinas já no período de pré-montagem a ser realizada em galpão externo a usina. Ali os profissionais de mecânica, elétrica, refratário e segurança do trabalho vivenciariam em escala real as necessidades de adequação para a realização de tarefas em paralelo, encontrando soluções seguras para as atividades propostas.

Esta iniciativa de interação entre grupos tinha o intuito de fazer com que as equipes tivessem confiança para busca de esforço em conjunto, gerando grande motivação e participação, verificados posteriormente na execução dos trabalhos.

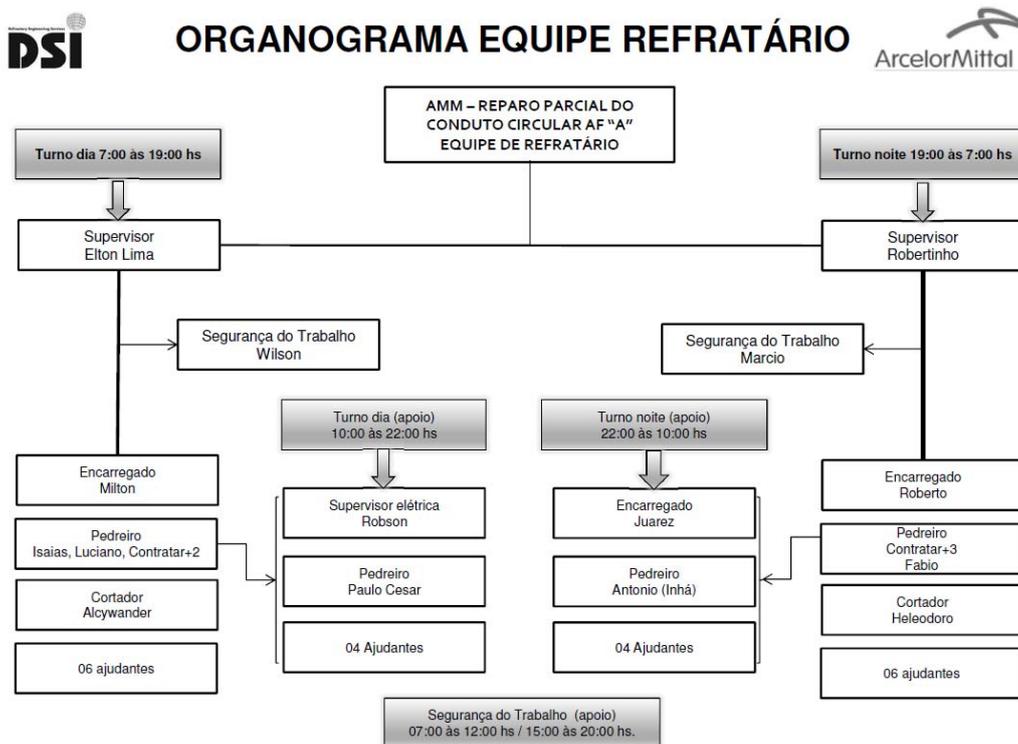


Figura 5. Definição de recursos necessários – Equipe refratário.

A equipe de refrataristas seria mobilizada dois dias após contratação pela AMM. Este grupo teria a responsabilidade de executar a montagem refratária, identificação de peças por camada, família de materiais e sentido de aplicação, bem como, separação e armazenamento de cinco conjuntos de módulos, no total aproximado de 11.000 peças durante a fase de pré-montagem no período de 10/10/2012 a 03/11/2012.

A ligação entre módulos do novo revestimento em tijolos e, também, a ligação entre módulos remanescentes em concreto refratário e os novos módulos em tijolos passaram a ser objeto de avaliação pelo corpo técnico da DSI nesta fase. A correta

junção construtiva deveria cobrir fluxo de gás quente em direção à carcaça. O *design* escolhido confirmou sua efetividade posteriormente.

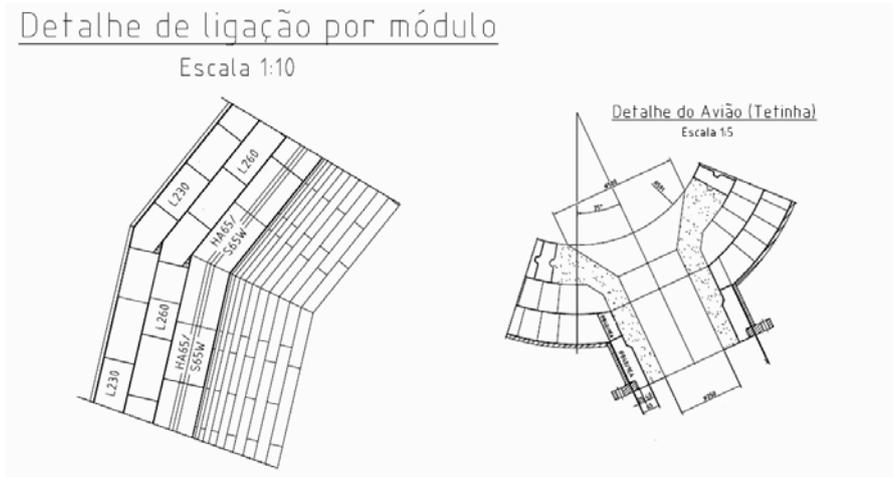


Figura 6. Detalhe da junção entre módulos.

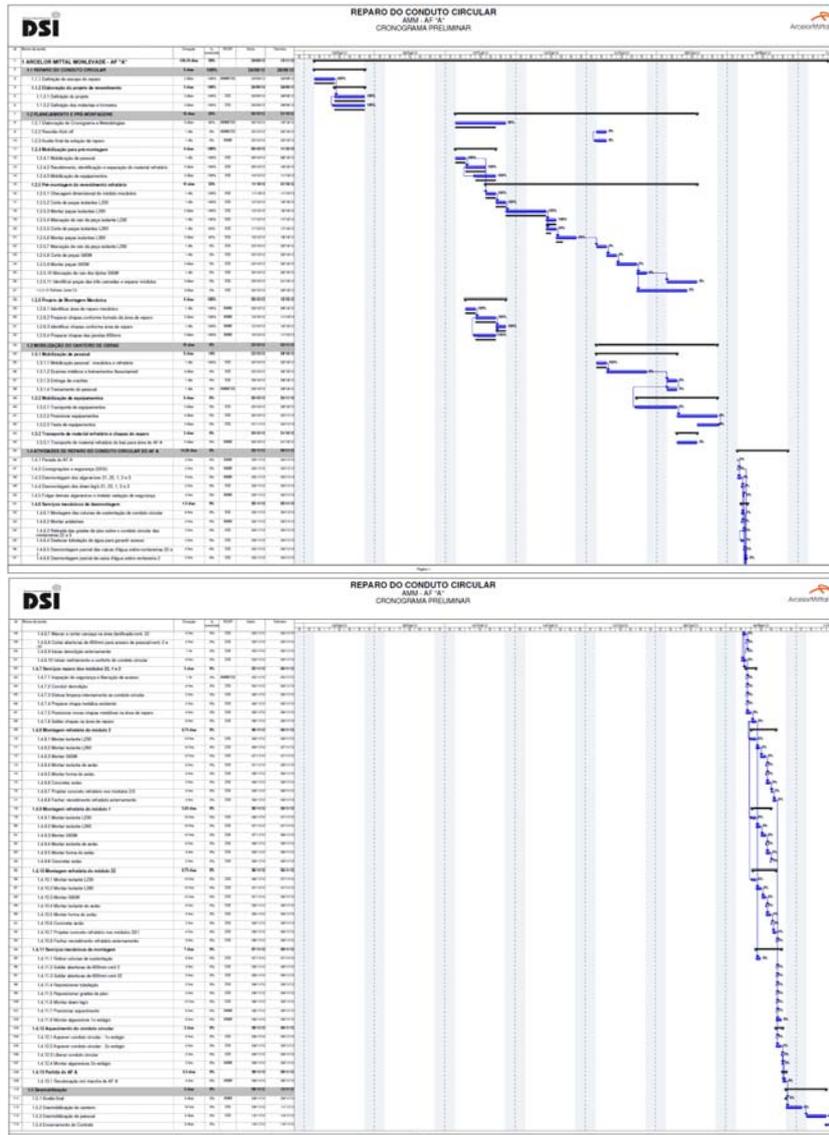


Figura 7. Cronograma do reparo.

O cronograma integrado mapeava todas as atividades de reparo do conduto circular e foi amplamente discutido pelo corpo técnico responsável de coordenação do projeto, tanto da DSI quanto da AMM, assegurando perfeito desenvolvimento e acompanhamento horário de atividades. Como premissa, para o projeto com realização em 120 horas, todas as tarefas foram consideradas atividades críticas.

3.2 Preparativos

- Mobilização de pessoal, equipamentos e ferramental para pré-montagem do revestimento;
- fabricação de modelo metálico em escala natural para atividades de pré-montagem do revestimento refratário (Fabricado pela AMM);
- solução de substituição mecânica da área danificada;
- aquisição e transporte do material refratário adquirido na TKCSA;
- pré-montagem e corte do revestimento refratário com identificação em cada uma das três camadas em número e lado (E/D) de posicionamento;
- separação e armazenagem de revestimento refratário para cinco módulos, incluindo avião; e
- fabricação das colunas para sustentação do Conduto Circular, conforme projeto disponibilizado pela AMM.



Figura 8. Módulos em escala natural para atividades de pré-montagem refratária.

Os módulos mecânicos foram fabricados em escala real, de modo a representar fielmente as atividades a serem desenvolvidas no campo.



Figura 9. Detalhe da pré-montagem refratária com identificação de peças.

A identificação de peças por camada e família de materiais fora primordial no sucesso do projeto.



Figura 10. Detalhe da pré-montagem refratária com uso de papelão 3 mm.

Para simular a junta de argamassa garantindo o espaço entre tijolos, peças em papelão especial de espessura 3 mm foram disponibilizadas pela DSI. Por este motivo, o anel superior da montagem refratária representou o maior desafio, já que o revestimento refratário não possuía travamento.



Figura 11. Separação e identificação por módulos e família de materiais.

Com a conclusão dos trabalhos de pré-montagem, todo o material fora separado e identificado por família de materiais e módulo respectivo. A previsão de montagem era dos módulos #1, #2 e #22, porém, dois módulos adicionais foram preparados em caráter de contingência.

A partir dali, o maior desafio seria garantir o perfeito fluxo de abastecimento de material no interior do conduto circular no momento da parada. A estratégia adotada fora a utilização das tetinhas (avião), uma vez que a movimentação de carga na região inferior sinalizava mais segurança e agilidade diante de quaisquer correções necessárias nos tijolos a serem aplicados.

3.3 Mobilização de Pessoal e Treinamentos

- Mobilização de pessoal e equipamentos;
- Treinamentos de segurança – todo o efetivo da DSI mobilizado para a obra realizou os treinamentos legais de segurança exigidos pela AMM. Foram 16 horas de treinamento para Espaço Confinado e outras 4 horas para treinamento Introdutório de Segurança;

- Documentação (elaboração do Plano de Segurança e atendimento ao FPS) - constavam no Plano de Segurança elaborado para a obra os seguintes preparativos de segurança que foram realizados antes da execução de cada atividade:
 - DDS com temas diversos;
 - elaboração e treinamento da APR para todos os envolvidos na frente de trabalho;
 - análise de risco ao pé do equipamento;
 - *check-list* de ferramentas e máquinas;
 - medição de pressão;
 - elaboração de PET;
 - monitoramento de gases em espaço confinado; e
 - outros inerentes ao trabalho.
- Treinamentos específicos do projeto para profissionais envolvidos;
- Montagem do canteiro de obras;
- Teste do ferramental e equipamentos mobilizados;
- Deslocamento do ferramental e material refratário para próximo das frentes de trabalho;
- Plano de iluminação nas áreas de trabalho;
- Formação das equipes com os respectivos horários de trabalho.

3.4 Execução do Reparo

- fornecimento e instalação de equipamentos para promover o conforto térmico no interior do conduto circular para os funcionários;
- desmontagem de cinco *Down Leg's*;
- corte e reposicionamento de chapa na área danificada do Módulo #22;
- isolamento da área de trabalho e demolição do refratário existente;
- troca do revestimento refratário dos módulos #1, #2 e #22 do conduto circular;
- revestimento do avião (tetinha) dos módulos #1, #2 e #22;
- abertura e Solda de chapas nas janelas 600 mm para acesso do pessoal ao interior do conduto circular nos módulos #2 e #22;
- solda de ancoragens e projeção de concreto entre módulos #2 e #3;
- solda de ancoragens e projeção de concreto entre módulos #21 e #22;
- aquecimento do trecho reparado; e
- refratamento da Junta de Dilatação C3.



Figura 12. Desmontagem de *down leg* e corte da janela 600mm de acesso.



Figura 13. Demolição refratária no interior do conduto circular.



Figura 14. Detalhe do abastecimento de material e montagem refratária.

4 CONCLUSÃO

4.1 SESMT em Números

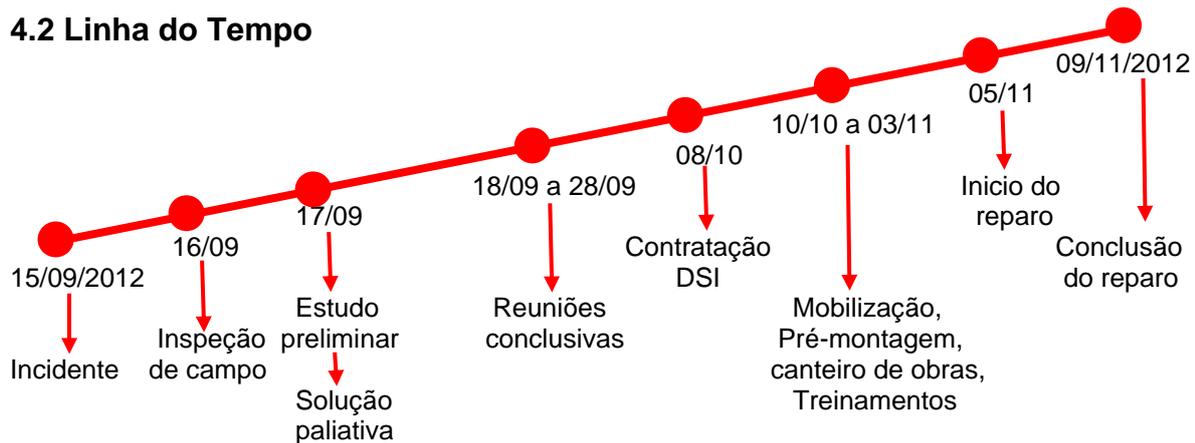
Tabela 1. SESMT DSI

Acidente CPT: 0	Acidentes com afastamento: 0	Auditorias: 5	DDS's: 45
Acidentes SPT: 0	Acidentes sem afastamento: 0	Direito de recusa: 0	APR's: 10
Quase acidentes: 0	Incidentes/ desvios: 0	Falta de EPI's: 0	PET: 4

Fonte: Obra AMM - GAPGU [AFA] – Contrato GASP 20120150

O projeto foi considerado positivo, principalmente pela meta alcançada com “Zero Acidente”.

4.2 Linha do Tempo



No dia 15/09/2012, verificou-se que o AF "A" da AMM apresentou sobreaquecimento e deformação na parte superior dos módulos metálicos #1 e #22 que levaram a parada emergencial e necessidade da aplicação de solução paliativa.

A DSI foi chamada para dar suporte a AMM na solução de reparo. Alguns pontos críticos foram observados, tais como: desenvolvimento de atividades em paralelo entre os grupos de mecânica e refratário em ambiente de pouco espaço e várias interferências, resfriamento da área de trabalho de aproximadamente 9 metros, deformações na parte metálica alterando o raio de projeto, junção construtiva do novo revestimento refratário com o revestimento existente, assentamento de aproximadamente 11.000 tijolos, manutenção de temperatura no restante do conduto circular para evitar danos ao revestimento, aquecimento do novo conjunto e objetivar o reparo dentro do prazo estabelecido de 120 horas.

A DSI Refractory Engineering Services apresentou a solução de reparo no dia 17/09/2012. A partir dali os grupos técnicos promoveram diversas reuniões de consolidação da engenharia de reparo. As atividades de pré-montagem refratária iniciou em 10/10/2012 e foi concluída em 03/11/2012 totalizando cinco módulos identificados e separados. Em paralelo as atividades de pré-montagem, foram efetuadas as atividades de montagem de canteiro, preparativos e treinamentos visando a parada do AF "A" no dia 05/11/2012.

As equipes da DSI trabalharam durante a parada em regime de 11 horas, iniciando às 07:00 horas do dia 05/11/12 e concluindo às 19:40 horas do dia 09/11/12, totalizando 108:40 horas de serviços.

A perfeita coordenação entre empresas envolvidas foi o ponto chave no sucesso do projeto, atendendo ao prazo estabelecido, no mais alto padrão de qualidade de execução e foi concluído com zero acidente.

Agradecimentos

Agradecimentos a Diretoria, Gerencia, Engenharia, Equipe de operação do AF "A", Equipe de Segurança do Trabalho e a todos aqueles anônimos da AMM que contribuíram para que o projeto se realizasse alcançando as metas estabelecidas.

Agradecimentos em especial aos Operacionais que, com certeza, responderam aos estímulos de se empenharem na meta "zero" acidente.