

# AUMENTO DA VIDA ÚTIL DAS VENTANEIRAS DO ALTO-FORNO “A” DA ARCELORMITTAL MONLEVADE<sup>1</sup>

Haroldo Lacerda de Brito<sup>2</sup>  
Ildeu Alves de Souza<sup>3</sup>

## Resumo

O ar quente é introduzido no alto-forno através de uma série de ventaneiras eqüidistantes e refrigeradas a água. As ventaneiras são peças fundidas de cobre e possuem alta condutividade térmica. Se há a ocorrência de trinca ou furo em ventaneira, água de refrigeração vai para o interior do alto-forno podendo provocar a sua parada e/ou perda de produção. Usando a técnica do FTA (*Fault Tree Analysis*) experiências foram realizadas visando aumentar a vida útil das ventaneiras. O principal resultado alcançado com o experimento foi o de dobrar a vida útil das ventaneiras.

**Palavras-chave:** Ventaneiras; Vida útil; Revestimento.

## INCREASING TUYERE LIFETIME OF BLAST FURNACE “A” AT ARCELORMITTAL MONLEVADE WORKS

## Abstract

The hot blast is introduced in the blast furnace through a series of equidistant water-cooled tuyeres around the hearth periphery. Tuyeres are copper casting pieces and they have high thermal conductivity. If there is a hole or a crack in the tuyere cooling water will go into the blast furnace. As consequence, the blast furnace should shut down or some production losses commonly occur. Using the FTA (*Fault Tree Analysis*) methodology some trials were carried out in order to increase the tuyere lifetime. The main result of these trials is to double the tuyere lifetime.

**Key words:** Tuyere; Useful life.

<sup>1</sup> Contribuição técnica a ser apresentada no 39º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-Primas & 10º Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro.

<sup>2</sup> Pós graduado em Administração. Coordenador Técnico Alto-Forno. Área de redução da ArcelorMittal Monlevade, João Monlevade – MG.

<sup>3</sup> Engenheiro Metalúrgico. Analista de processo. Área de redução da ArcelorMittal Monlevade, João Monlevade – MG.

# 1 INTRODUÇÃO

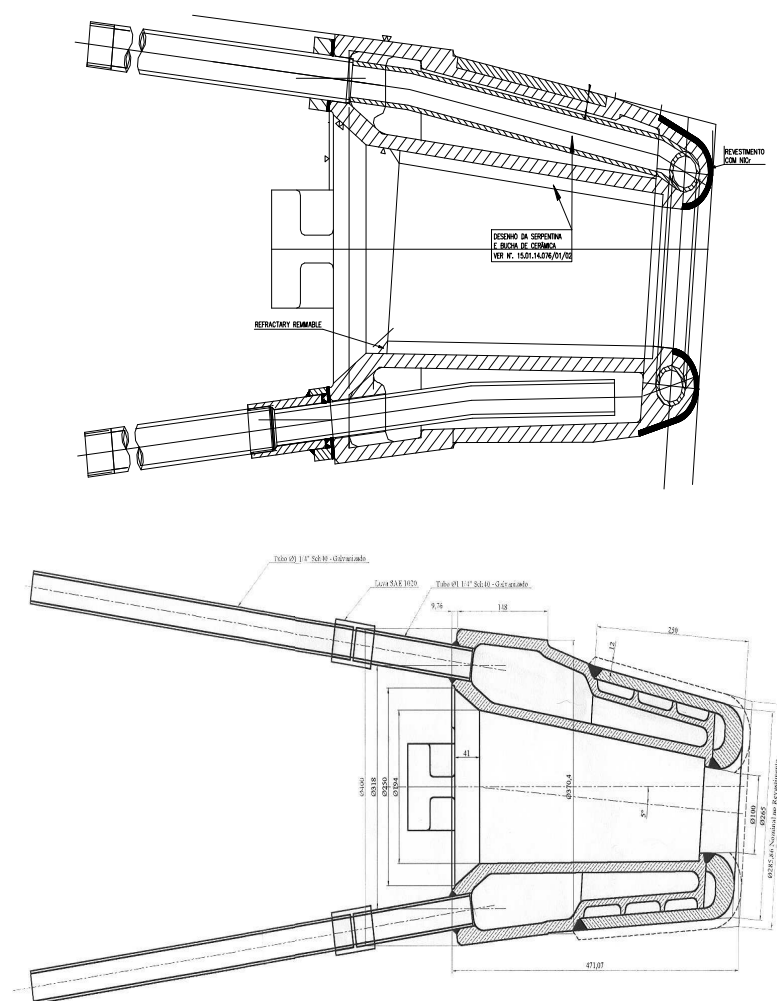
É através das ventaneiras que o ar pré-aquecido é soprado para o interior do alto-forno. O alto-forno A da ArcelorMittal Monlevade (AF A) possui 22 ventaneiras de dupla câmara (nariz e corpo), refrigeradas por um circuito fechado de água desmineralizada, conforme é mostrado na Figura 1.

As ventaneiras são peças fundidas em cobre de alta condutividade e, no caso da ArcelorMittal Monlevade, utilizam uma luva cerâmica de isolamento interno e são revestidas externamente com solda níquel-cromo no bico e placas cerâmicas no corpo.

Como estão parcialmente expostas no interior do forno estão sujeitas a elevadas temperaturas, ao turbilhonamento de partículas de coque em ignição (turbulência no *race way*) e ao gotejamento de gusa e escória.

As principais causas de troca de ventaneiras são: furo por desgaste (abrasão), queima pela ação do metal líquido, ocorrência de trinca e empeno por deslocamento de carga.

Muitos trabalhos têm sido desenvolvidos em diferentes usinas com o intuito de aumentar a vida útil das ventaneiras e, conseqüentemente, reduzir o custo e melhorar a qualidade do gusa.



**Figura 1** - Ventaneira de dupla câmara modelo padrão e ventaneira semi espiralada.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Levantamento de Dados

De 2000 a 2002, o principal motivo para troca de ventaneiras foi empeno, conforme pode ser visto na Figura 2.

A partir de 2003, ocorreu uma elevação do número de trocas devido a ocorrência de trincas que ocorriam independentemente da posição da ventaneira no alto-forno ou do fornecedor da mesma (Figura 3). O aumento desta incidência levou a uma definição de se realizar a troca preventiva com 250 dias de vida útil, numa tentativa de dar garantia a continuidade operacional.

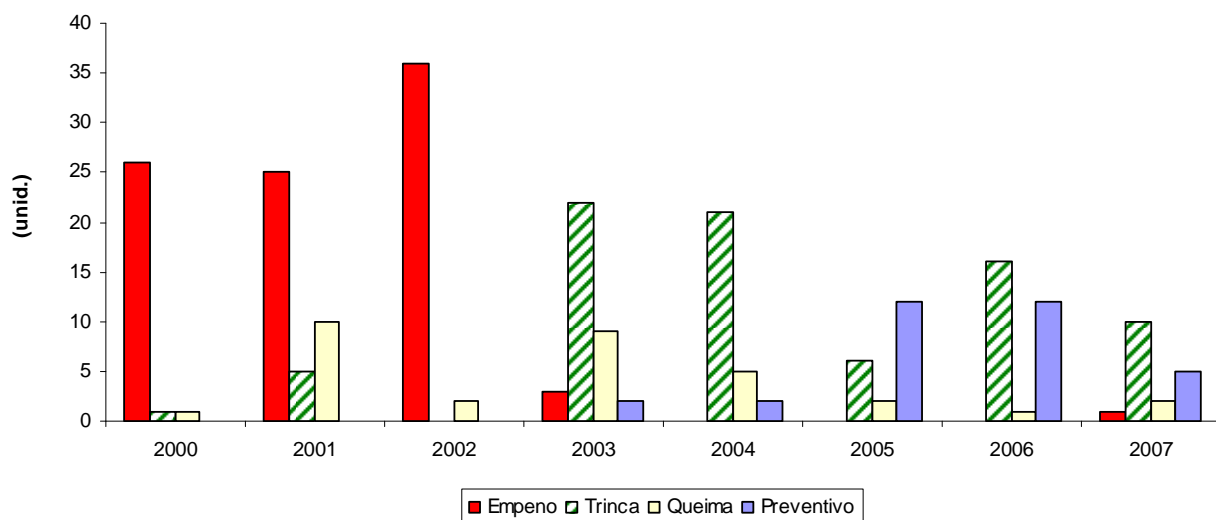


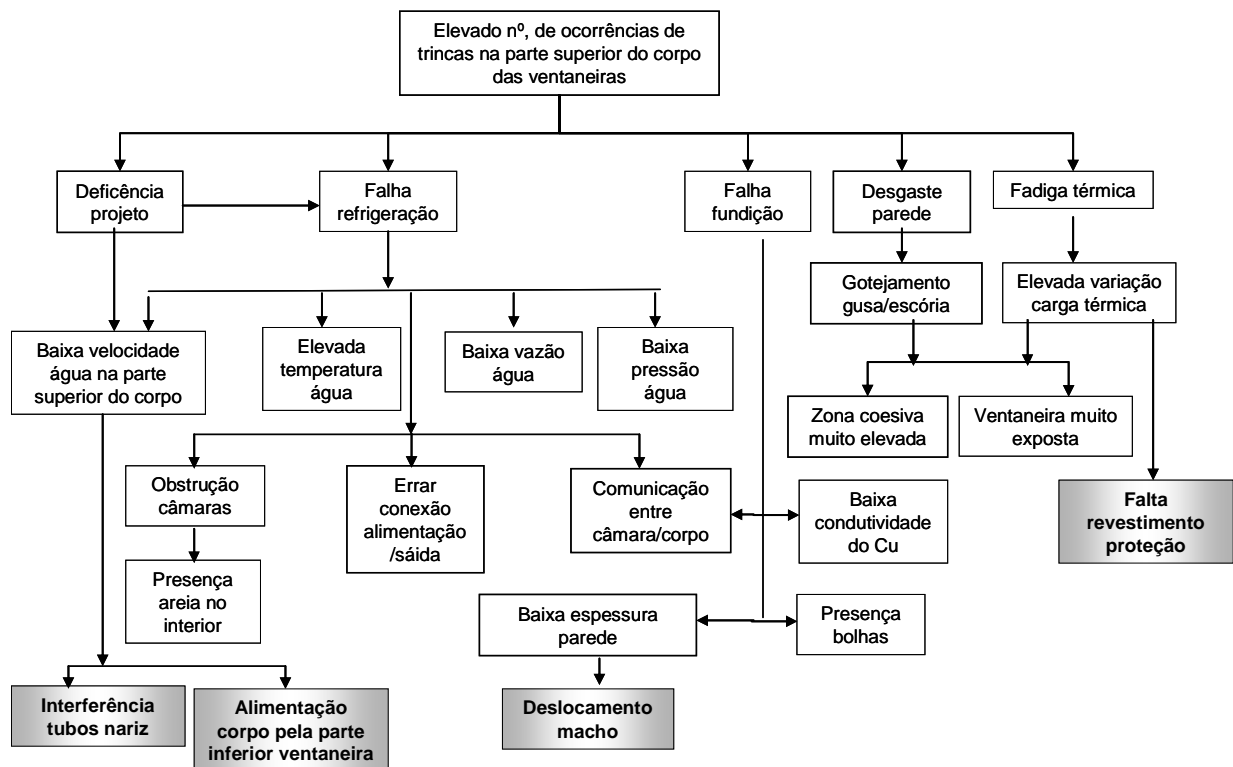
Figura 2 - Motivos de troca de ventaneiras de 2000 a 2007.



Figura 3 - Ocorrência de trincas e desgaste no revestimento das ventaneiras.

## 2.2 Análise do Processo

Na análise do processo foi utilizada a ferramenta FTA – Análise de Árvore de Falhas *Fault Tree Analysis*, conforme é visto na Figura 4, com o objetivo principal de construir um trabalho de confiabilidade para a redução de falhas em ventaneiras. No estudo do FTA foi utilizada análise qualitativa, com o objetivo de determinar as causas básicas da geração de trincas em ventaneiras e contou com a participação de todo o corpo técnico da gerência.



**Figura 4** - FTA construído na identificação das principais causas.

Após a realização do FTA foi possível montar um plano de ação (Tabela 1), trabalhando as possíveis falhas apontadas e as sugestões do grupo para melhorar a performance das ventaneiras.

**Tabela 1** - Plano de ação: melhoria na performance das ventaneiras

Item	Atividade	Status
01	Definir um limite inicial de vida útil da ventaneira	Definido em 250 dias.
02	Cortar a ventaneira visando avaliar visualmente a qualidade da fundição dos diferentes fornecedores.	Boa qualidade sem bolhas ou vazios.
03	Avaliar a variação de espessura da parede.	Foi observado durante avaliação: <ul style="list-style-type: none"><li>• desgaste acentuado na região superior do corpo;</li><li>• pequenas variações de espessura devido a deslocamentos do macho.</li></ul>
04	Avaliar os certificados de qualidade emitidos pelos fabricantes.	Concluído
05	Fazer análise química para confirmar análise do certificado emitido pelo fornecedor.	Confirmou %Cu > 99,9%
06	Avaliar a qualidade do projeto da ventaneira	Sugerido desenvolver projeto com a refrigeração em espiral.
07	Testar ventaneira com a região superior do corpo protegida por NiCr.	Concluído
08	Testar ventaneira com "coating": <ul style="list-style-type: none"><li>• refratário;</li><li>• plasma.</li></ul>	Foi testada uma ventaneira de cada tipo de "coating".
09	Inserir janelas de acrílico numa ventaneira para tentar visualizar a qualidade da refrigeração no corpo.	A água de refrigeração do corpo circula com velocidade menor na parte superior do corpo próximo ao bico, devido aos tubos de refrigeração do bico.
10	Contatar especialistas em fundição de ventaneiras para avaliar o projeto atual e apresentar sugestões/propostas.	Comentários dos especialistas consultados: <ul style="list-style-type: none"><li>• fazer desenvolvimento junto aos fornecedores para elevar a condutividade até 100 IACS;</li><li>• desenvolver ventaneira de alta performance;</li><li>• usar ventaneira semi espiralada com o deslocamento dos tubos de refrigeração do bico.</li></ul>
11	Contatar fornecedor para avaliar projeto atual e apresentar propostas de melhoria.	Fornecedor consultado sugere utilização.
12	Revisar norma de transporte e manuseio de ventaneira.	Concluído
13	Revisar norma de especificação para fundição de ventaneira.	Concluído
14	Elaborar procedimento para controle e testes no recebimento.	Concluído

### 3 RESULTADOS

Observou-se nas ventaneiras cortadas que:

- ocorria com frequência o deslocamento do macho durante o processo de fundição, resultando em paredes com espessuras diferentes, às vezes muito finas;

- a parte inferior do bico (que recebe o jato de água da alimentação do corpo) fica mais clara (limpa) do que a parte superior (há uma deposição de material - região de baixa velocidade de circulação de água) (Figura 5);
- os tubos de refrigeração do bico da ventaneira ficam muito próximos à parede (Figuras 6 e 7); e
- na região superior das ventaneiras a velocidade da água de refrigeração é mais baixa devido a interferência dos tubos de refrigeração do nariz (Figura 8).



**Figura 5** - Inspeção espessura parede



**Figura 6** - Posição dos tubos refrigeração do nariz.



**Figura 7** - Tubo de refrigeração do corpo



**Figura 8** - Protótipo visualização refrigeração

Visando o aumento da vida útil foram testadas as seguintes melhorias:

- ventaneira com o corpo espiralado (alteração visando maior velocidade da água, melhor troca térmica na refrigeração e menor incidência de trinca);
- ventaneira com *coating* (alteração visando melhor proteção da superfície externa):
  - *coating* de plasma;
  - *coating* de concreto refratário; e
  - NiCr axial estendida a toda área de ocorrência de trinca e desgaste.



Figura 9 - Ventaneira com *coating* refratário



Figura 10 - Ventaneira com *coating* plasma.



Proteção axial estendida



Proteção radial

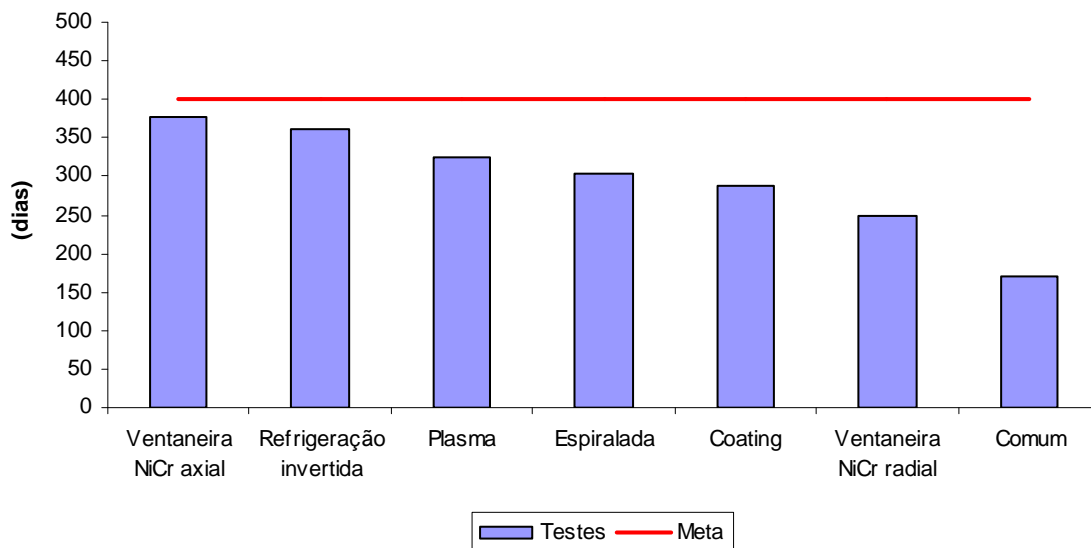
Figura 11: Ventaneira padrão com proteção de NiCr.

No período dos testes, compreendido entre janeiro de 2005 a janeiro de 2007, pode-se observar uma melhora nos resultados:

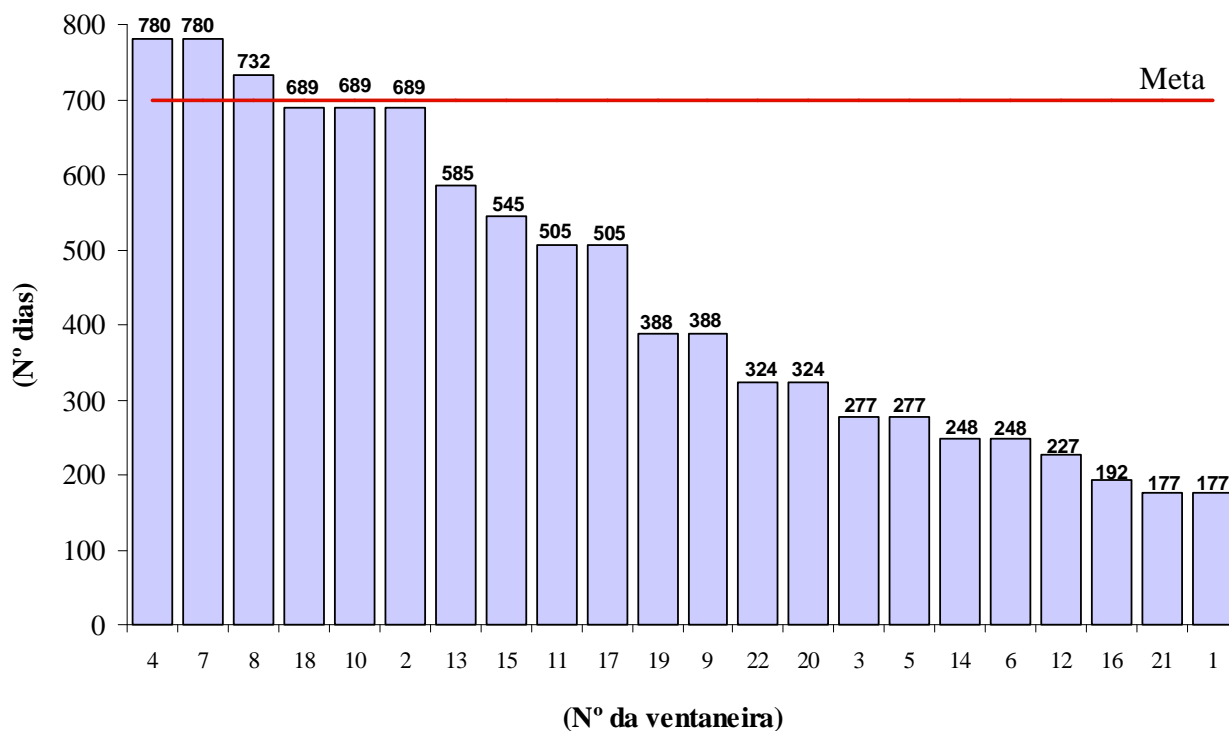
- a ventaneira padrão, referência, não atendeu a expectativa de vida útil de 250 dias (meta do período);
- as ventaneiras com *coating* de plasma e concreto refratário também não apresentaram resultados satisfatórios (Figuras 9 e 10);
- os testes com as ventaneiras semi-espiralada mostraram uma vida útil média de 304 dias;
- as ventaneiras com proteção de NiCr axial estendida apresentaram um ótimo desempenho (Figuras 11 e 12).

Devido aos bons resultados conseguidos com a ventaneira de proteção estendida de NiCr axial (Figura 12), foi-se elevando a vida útil objetivada após análise visual realizada nas ventaneiras retiradas de operação preventivamente.

A vida útil prevista para 250 dias foi estendida para 300, para 400, para 500 e atualmente para 700 dias, conforme é mostrado nas Figuras 12 e 13.



**Figura 12:** Resultado dos testes de vida útil das ventaneiras.



**Figura 13:** Evolução da vida das ventaneiras no AF A.

O aumento da vida útil das ventaneiras gerou uma redução de aproximadamente 50% no desembolso com as mesmas, como pode ser observado na Figura 13.

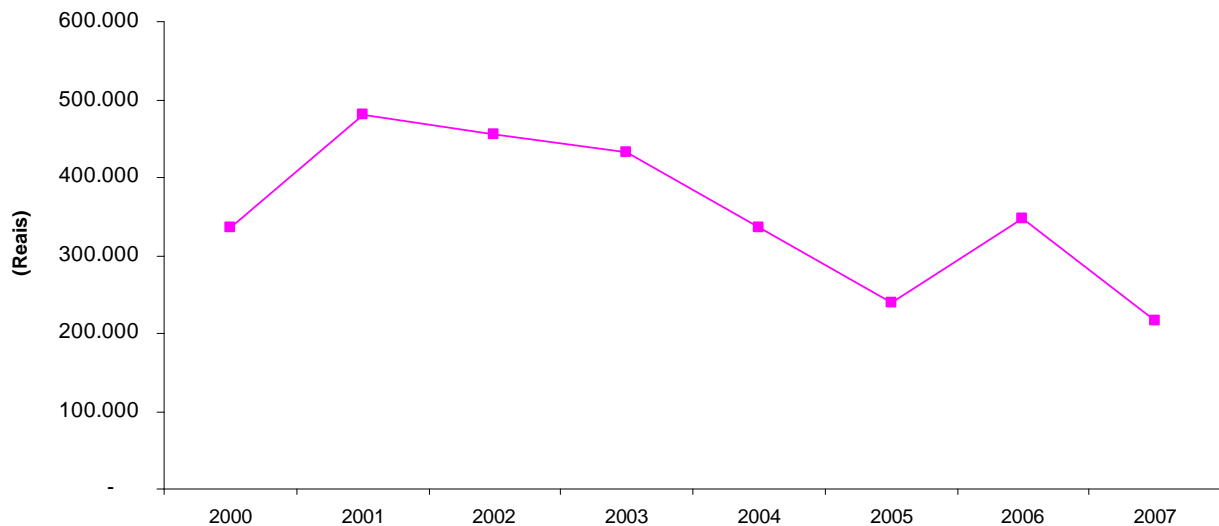
Considerando o início das ações para controle dos gastos com ventaneiras, houve uma redução significativa superando a meta de custo do projeto. A redução foi de 50% dos gastos em relação ao início do projeto, para uma meta inicial de projeto de 10%.



É importante destacar que o aumento da vida útil, propiciou também, a continuidade operacional do equipamento; a última parada emergencial para troca de ventaneiras foi realizada no dia 1 de janeiro de 2005. Os custos associados a uma parada do alto-forno são bem representativos e qualquer perda de água pelas ventaneiras para o interior do forno, ocorrências de trincas, tem impacto direto na campanha do alto-forno visto que, além de elevar o consumo de combustíveis causa grandes danos aos blocos de carbono do cadinho do alto-forno.

Mesmo com os ótimos resultados alcançados com o aumento da vida útil, o principal motivo de troca de ventaneiras continua sendo o mesmo desde 2003, ou seja, trinca, sugerindo que uma atenção especial deva ainda ser dada para se tentar eliminar esta causa localizada.

Está previsto teste com uma ventaneira espiralada, câmara simples e revestimento estendido de NiCr axial. A melhora na velocidade de refrigeração da ventaneira espiralada eliminará a deficiência da ventaneira dupla câmara, como mostrado na figura 06. Uma possibilidade a ser ainda testada seria a utilização da ventaneira semi-espiralada (dupla câmara) com revestimento estendido de NiCr axial.



**Figura 14:** Evolução do desembolso anual para a reposição de ventaneiras.

## 4 CONCLUSÃO

Do exposto concluiu-se:

- a vida útil das ventaneiras evoluiu de 250 para 700 dias;
- o projeto possibilitou uma redução de custo de 50% com aquisição de ventaneiras;
- a última parada emergencial do AF-A para troca de ventaneiras ocorreu em janeiro de 2005; e
- trinca continua sendo o principal motivo de troca de ventaneiras.