A IMPORTÂNCIA DA ANÁLISE DE VARIÁVEIS EM AVALIAÇÕES DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

RESUMO

A norma NBR 14.653-5:2006 de Máquinas e Equipamentos determina como ideal a aplicação do método comparativo de dados de mercado, que apura o valor do bem através de outros bem similares usados. Desta forma, a análise é dependente de inúmeras variáveis que caracterizam o equipamento avaliado e possibilitam o cálculo do seu valor total aproximado. No entanto, em muitos casos, certos equipamentos não possuem um mercado bem definido, o que dificulta a aplicação desta metodologia, devendo recorrer, portanto, a modelos lógicos baseados em fatores que influenciem seu valor. Ainda assim, a aplicação de tais modelos não é direta, devendo o avaliador se aprofundar na operação e manutenção do maquinário para entender como se deve aplicar as variáveis no modelo lógico de modo que os valores calculados sejam condizentes, apesar de aproximados, com a realidade. Portanto, de modo a se entender o nível de importância e o impacto sobre o valor total da análise de tais variáveis, este artigo propõem o estudo de valoração de quatro altos-fornos, com características diferentes entre si, situados em um mesmo empreendimento na região metropolitana de Belo Horizonte.

Palavras-chave*: *Avaliação; Alto-forno; Metodologia; Depreciação.

ABSTRACT

The NBR 14.653-5 norm for Machinery and Equipment determines as ideal the application of the comparative method of market data, which determines the value of the good through other similar used goods. In this way, the analysis is dependent on numerous variables that characterize the evaluated equipment and allow the calculation of its approximate total value. However, in many cases, certain equipment does not have a well-defined market, which makes the application of this methodology difficult, therefore resorting to logical models based on factors that influence its value. Even so, the application of such models is not straightforward, and the evaluator must go deeper into the operation and maintenance of the machinery in order to understand how to apply the variables in the logical model so that the calculated values are consistent, despite being approximate, with reality. Therefore, in order to understand the level of importance and the impact on the total value of the analysis of such variables, this article proposes the valuation study of four blast furnaces, with different characteristics, located in the same enterprise in the region metropolitan area of Belo Horizonte.

Keywords: Evaluation; Blast Furnace; Methodology; Depreciation.

1. INTRODUÇÃO

Como disposto por MOREIRA (1997), a Engenharia de avaliações não se trata de uma ciência exata, executando seu serviço ao engenheiro através da estimação de valores, necessitando do conhecimento do profissional e seu bom julgamento para permitir que a avaliação seja a mais precisa possível, considerando suas limitações.

Assim, de modo a balizar o conhecimento do profissional, foram criadas normas, como é o caso da NBR 14.653-5, que rege a avaliação de máquinas e equipamentos e determina que a melhor metodologia a ser aplicada em seu estudo seria o método comparativo de dados de mercado, que apura o valor do bem através de outros valores similares de equipamentos usados disponíveis no mercado.

Desta forma, ao utilizar tal metodologia, a análise se torna dependente da oferta e demanda natural. No entanto, em muitos casos, certas máquinas e equipamentos não possuem um mercado bem definido, o que dificulta a aplicação de métodos comparativos diretos, devendo recorrer, portanto, a modelos lógicos baseados em fatores que influenciem seu valor.

Um dos principais métodos utilizados dentro do ambiente industrial, quando observada a incapacidade de aplicação da metodologia de comparativos diretos, é o método de custo, que fornece uma indicação de valor usando o princípio de que um dado comprador não irá pagar por um ativo um valor superior a de um outro bem com características semelhantes, que possa ser comprado ou construído, como disposto por BENVENHO (2019).

A aplicação de tal modelo se daria através da identificação do bem avaliando, de suas características, da pesquisa de identificação de bem igual ou similar, a escolha do método de depreciação, a determinação de sua vida útil, do seu valor residual, da efetuação do cálculo do valor depreciável, da estimativa do coeficiente de depreciação e, por fim, do cálculo do valor depreciado (BENVENHO, 2019).

Como se vê, a aplicação de tais modelos lógicos não é direta. Estes são intrinsicamente dependentes de inúmeras variáveis que caracterizam o equipamento avaliado como único e possibilitam a determinação de uma tendência para cálculo do valor total aproximado, sendo necessário, muitas vezes, se aprofundar no estudo do funcionamento e manutenção do maquinário de modo a entender, plenamente, as características deste e como afetam a aplicação das variáveis ao modelo lógico, gerando valores condizentes, apesar de aproximados, com a realidade da máquina.

Portanto este trabalho tem como objetivo entender o nível de importância da análise de tais variáveis, suas correlações e como o seu uso inadequado pode afetar o resultado de uma avaliação. Para isso, utilizou-se como base do estudo a perspectiva de valoração de quatro altos-fornos, símbolo da indústria siderúrgica dominante em Minas Gerais, situados em um mesmo empreendimento na região metropolitana de Belo Horizonte.

Cada alto-forno apresenta características diferentes entre si, o que permite avaliar como pequenas alterações na condição física, operação e manutenção do equipamento podem afetar, em um maior ou menor grau, o seu valor de mercado, além de demonstrar que tais variáveis também influenciam diretamente na escolha dos modelos lógicos a serem utilizados pelo engenheiro avaliador.

2. PRODUÇÃO DE FERRO GUSA

Atualmente, o aço é um dos principais materiais utilizados na indústria de construção civil (LINS, 2008), além de ser a base da indústria mecânica e automobilística, transformando, assim, a indústria siderúrgica em um setor básico e prioritário para o desenvolvimento econômico da nação.

O processo clássico para a produção de aço é a partir da redução de minério de ferro em um alto-forno, gerando uma liga com alto teor de carbono, o chamado ferro gusa, posteriormente sendo refinado na aciaria, transformando-se, finalmente, em aço (LINS, 2008).

O aço, em sua forma líquida, é vazado em lingoteira e posteriormente laminados, sendo sua forma alterada para blocos, tarugos, placas, etc (CHIAVERINI, 1986). A partir de tais formas brutas, outras, fundamentais para a indústria, são criadas, como as cantoneiras.

2.1 Matérias-primas

A principal matéria prima para a produção de aço é o minério de ferro, nome genérico dado para os minerais que contém íon Fe (ferro) em sua estrutura química, como a Magnetita, a Hematita e a Limonita (CHIAVERINI, 1986). Nas jazidas brasileiras, os minerais são comumente encontrados na forma de hematita compacta, itabirito compacto, itabirito friável, canga e itabirito impuro, cada minério com composições e características diferenciadas.

Por conta de suas diferentes composições químicas, cada minério pode ter um processo de beneficiamento diferente, com menos ou mais etapas, a depender do nível de enriquecimento desejado para sua posterior utilização (LINS, 2008).

Outro processo comum que os minérios de ferro podem sofrer é o processo de aglomeração, que tende a melhorar a permeabilidade da carga do alto-forno, reduz o consumo de carvão neste e acelera o processo de redução e transformação em ferro gusa, consequentemente reduzindo a quantidade de material particulado que é lançado pelas chaminés e recuperado posteriormente por sistema adjacente de despoeiramento (LINS, 2008).

Para a aglomeração, os finos podem ser sintetizados ou pelotizados. Na sintetização, os finos são aglomerados em mistura com 5% de carvão, coque ou antracito, aquecida a altas temperaturas (cerca de 1500 ºC), obtendo-se o sínter, de baixa resistência mecânica. Já a pelotização gera bolotas de finos de alto teor de ferro com adição de água a ponto de se obter 10% de umidade e bentonita em cerca de 0,75% da carga (CHIAVERINI, 1986).

As jazidas encontradas em Carajás, no norte do país, por exemplo, não apresentam necessidade de operações de enriquecimento, por possuir alto teor de Fe, passando somente por operações de redução granulométrica (que separa as partículas de minério da de estéril) e classificação por tamanho. Por serem do tipo granulado, estas não passam, igualmente, pelo processo de aglomeração e podem ser utilizadas diretamente no alto-forno (CVRD, 2006).

O carvão, na siderurgia, atua como combustível, redutor do minério e fornecedor de carbono, fundamental para a produção do ferro gusa. Para ser alimentado no alto-forno, o carvão precisa ter resistência mecânica significativa, o que leva à necessidade de processo de beneficiamento, como a coqueificação, no qual o carvão mineral é aquecido a altas temperaturas na ausência de oxigênio, produzindo não só o coque mas seus subprodutos, como o alcatrão, sulfato de amônio, óleos leves e gás combustível (LINS, 2008).

O carvão vegetal, produzido através da pirólise da madeira, apresenta benefícios diversos em sua aplicação na indústria siderúrgica, além de não conter elementos deletérios que estariam presentes no carvão mineral, como enxofre e diversos tipos de fósforos. Ademais, por conta das baixas reservas de carvão mineral no Brasil, a utilização de carvão vegetal na indústria siderúrgica se difundiu significativamente nos últimos anos (LINS, 2008).

O calcário, aditivo utilizado no processo de fabricação do ferro gusa, é um tipo de fundente, com pH baixo, capaz de reagir com substancias estranhas ou impurezas, formando a escória. Outros minerais também são utilizados, como o manganês (um tipo de dessulfurante e desoxidante), quartzo, cromita, molibdênio, minério de níquel, tungstênio, ilmenita e outros (LINS, 2008).

2.2 O alto-forno

O alto forno normalmente possui uma forma cilíndrica, alta, por volta dos 30 m, dividido em três partes principais: cadinho, rampa e cuba (CHIAVERINI, 1986).

O cadinho é a parte mais alta do alto-forno e é nela que se acumula o metal fundido e a escória, após ocorridas as reações de redução em seu interior. O diâmetro desta parte, por sua vez, é dependente da capacidade do alto-forno, geralmente chegando a diâmetros acima de 10 m e altura acima de 4 m (LINS, 2008).

Abaixo do cadinho, cerca de 2 m do furo, encontra-se o furo de corrida de escória. Por sua composição química, a escória possui menor densidade, permanecendo acima do gusa em seu estado liquido e sendo facilmente separada deste quando necessário (LINS, 2008).

Mais abaixo do cadinho, cerca de 1 m de altura do fundo, se encontra o furo de corrida do gusa. Durante a operação do alto-forno este permanece fechado, com massa refratária colocada sob pressão. No momento da corrida, este é aberto mediante o emprego de uma perfuratriz ou lança de oxigênio (LINS, 2008).

A rampa é onde ocorre as principais reações químicas de redução do minério, enquanto que na cuba se situam as cargas que formarão as próximas corridas (LINS, 2008).

Para resfriar o alto forno, utiliza-se água aditivada, que circula através de tubos, trocando calor e propiciando a quantidade do processo químico. Ademais, utiliza-se água derramada em suas paredes externas, como forma adicional de refrigeração. Desta maneira, nota-se que o consumo de água para a manutenção da fabricação de ferro gusa é significativa, chegando a cerca de 20 m^3 por tonelada de gusa produzido (CHIAVERINI, 1986).

2.3 A produção nacional

As primeiras indústrias siderúrgicas surgiram no Brasil no início do século XX em resposta ao grande desenvolvimento industrial visto no país entre 1917 e 1930, movimento visto mesmo com a ênfase governamental na produção de café. Foi significativo de tal forma que foram emitidos decretos que concediam às empresas de ferro e aço diversos benefícios fiscais, levando a uma produção de gusa de incríveis 36 mil toneladas anuais, à época (FONSECA; CARVALHO;SILVA., 2011).

Durante esse período (FONSECA;CARVALHO;SILVA, 2011) foi criado, na cidade de Sabará, a Companhia Siderúrgica Mineira (CSM), tendo, em 1922, se juntado a capitais belgas, transformando-se em CSBM (Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira).

Em 1937, com a inauguração da usina de Monlevade, a CSBM era responsável, sozinha, pela produção de 50 mil toneladas anuais de lingotes de aço. Mesmo com esse aumento significativo de produção, o Brasil, como um todo, continuava dependentes de aços importados, levando o Governo Getúlio Vargas a inaugurar, em 1946, a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), inicialmente produzindo coque metalúrgico e, rapidamente, produzindo lingotes, marcando o início da autonomia brasileira na produção de aço (FONSECA;CARVALHO;SILVA, 2011).

Se de 1950 a 1970 a produção nacional de aço bruto passou de 788 mil toneladas para 5,5 milhões de toneladas ao ano, o acelerado crescimento industrial estimulado pelo Governo Militar na década de 70 levou, novamente, a um aumento das importações de aço, gerando o Plano Siderúrgico Nacional (PSN), objetivando quadruplicar a produção das empresas estatais, que, à época, eram responsáveis por cerca de 70% de toda a produção nacional, com exclusividade dos produtos planos (FONSECA;CARVALHO;SILVA, 2011).

Durante a década de 70 e 80 houve um aumento significativo na criação de siderúrgicas. No entanto, por conta da crise de 1980 e a retração do mercado, as empresas deixaram de abastecer exclusivamente o mercado interno, transformando de importadoras para exportadoras mundiais, ainda que governos em outros países, tentando garantir a produção interna, estabelecessem medidas protecionistas, como sobretaxas e direitos compensatórios (FONSECA;CARVALHO;SILVA, 2011).

Em 1990, com o esgotamento do modelo estatal e à entrada de um novo período democrático e uma nova moeda no país, iniciou-se o processo de privatização das empresas do setor, trazendo afluxos de capitais expressivos e levando à integração de empresas em grupos industriais, cujos interesses na siderurgia se desdobraram para atividades correlatas e apoio logístico, de modo a alcançar economia de escala e competitividade (FONSECA;CARVALHO;SILVA, 2011).

A partir de 1994, observou-se uma nova tendencia de investimentos no controle ambiental, na modernização e atualização tecnológica das usinas, alcançando uma capacidade instalada de 41,5 milhões de toneladas anuais.

Assim, atualmente, por conta da disponibilidade praticamente em níveis nacionais e a considerada simplicidade de produção, pode-se dividir o mercado nacional em produtores independentes, que utilizam pequenos alto-fornos, com o

carvão vegetal como combustível na maior parte das vezes, e usinas integradas, que utilizam o coque como combustível (ANDRADE, 2000).

De 1989 até 2006, houve um incremento na produção global de ferro gusa de 2,5 vezes, enquanto que os produtores independentes aumentaram sua produção em 3,8 vezes (LINS, 2008).

O gusa produzido em Minas Gerais, usualmente, vem sendo mais direcionado para o mercado interno, dependente do comportamento do mercado siderúrgico nacional e internacional. Em fases de maior demanda de aço para consumo no país e para exportação, as siderúrgicas integradas utilizam o gusa para elevar a produção de aço (LINS, 2008).

Ainda assim, seu preço no mercado internacional é dependente não só dos ciclos de oferta e demanda, mas também do preço dos metálicos alternativos ao gusa da aciaria, como sucata e redução direta, nominalmente ferro esponja (LINS, 2008).

O município mineiro de maior destaque na produção de ferro gusa é Sete Lagoas, que concentra 33% dos produtores independentes do estado, seguido por Divinopólis e Pará de Minas. Além disso, 41% das indústrias estão na zona urbana e 52% em zona mista, beneficiados pela infraestrutura presente para transporte de matéria primas e produtos processados *in loco* (GOMES *et al.,* 2007).

Em 2005, 70,8% dos alto-fornos do Brasil estavam em Minas Gerais, detentores de uma capacidade instalada conjunta de 7 milhões de toneladas e efetiva de mais de 6 milhões de toneladas de gusa, equivalente a 61,7% da produção total efetiva no país. Geralmente as empresas possuem de 1 a 3 alto-fornos, apresentando capacidade instalada de cerca de 10 a 20 mil toneladas ao mês (GOMES *et al.*, 2007).

3. METODOLOGIA DE DEPRECIAÇÃO

A Avaliação de Máquinas e Equipamentos é dependente de características mercadológicas, que definem a aplicação de métodos para sua valoração. Com o aumento da população e a maior utilização de dada máquina, formam-se mercados abertos e é possível a utilização de métodos comparativos diretos baseados na lei da oferta e demanda, que, em contrapartida, nem sempre é norteada, de maneira direta, pela lógica. Isso pode ser visto a partir do mercado de veículos automotores (veículos de passeio, caminhões, tratores, etc.).

No entanto, outras máquinas e equipamentos, como é o caso dos altos-fornos, não possuem um mercado de negociação bem definido, dificultando, assim, a aplicação dos métodos comparativos diretos, recorrendo, portanto, a modelos lógicos baseados em fatores que influenciam, direta ou indiretamente, no seu “Valor Básico de Referência” (CHEDE, 1979).

Esses modelos se baseiam no custo de reprodução para obtenção direta do valor e dos métodos financeiros para estudo analítico. Desta forma, escolheu-se, para esse trabalho, o “Método de Custo” (BENVENHO, 2019).

Esse método se caracteriza pela identificação do valor do bem avaliado a partir do princípio que o valor a ser pago por um suposto comprador no mercado não seria superior ao custo de comprar um ativo novo ou de construí-lo em sua integralidade. Para tal, é necessário identificar o bem, suas características e um bem igual ou similar

novo. Posteriormente deve-se escolher o método de depreciação a ser aplicado, a determinação de sua vida útil, do seu valor residual e calcular o valor depreciável e seu coeficiente de depreciação, para, por fim, calcular o valor depreciado (BENVENHO, 2019).

Um bem novo pode ser identificado a partir de cotação direta no mercado, através de pesquisa junto ao fabricante ou orçamentos, propostas comerciais, notas fiscais e *invoices* disponíveis. Quando não for possível, pode-se buscar por bens com características similares em função, capacidade e tecnologia, fazendo os ajustes necessários relativos à obsolescência. Ainda, existem ábacos para estimativa de valores de equipamentos novos, especialmente para a indústria química, em certos casos (BENVENHO, 2019).

Toda máquina é formada pela composição de diversos elementos, que, ao iniciar sua vida operacional, obedecem à uma proporção de crescimento de sua capacidade operacional. A fase inicial de operação do maquinário seria a de “Mortalidade Infantil”, onde ocorreriam ajustes e perda de material, podendo levar ao colapso total e morte (WUTTKE & SELLITTO, 2008).

Posteriormente, a fase de “Mortalidade” onde o valor médio da taxa de falha é constante. As falhas ocorrem por motivos aleatórias, externas ao sistema. Por fim, o “Mortalidade Senil” seria o início do fim: há um crescimento constante da taxa de falhas, levando à deterioração do equipamento até o fim de sua vida. No entanto, dependendo das condições obtidas durante o início do colapso do maquinário, poderia, a partir desse momento, ser iniciada nova vida útil para outra utilidade (WUTTKE & SELLITTO, 2008).

Considera-se a “Vida Útil” de um equipamento o “seu prazo de utilização funcional”, como disposto pela NBR 14.653-1(BENVENHO, 2019). Após esgotada sua vida útil, o que resta da máquina é denominado de “Valor Residual”.

Já a depreciação do maquinário pode ocorrer por causas físicas ou funcionais. As causas físicas estão relacionadas ao uso do bem e seu comportamento estrutural/mecânico em condições normais. Elas atuam progressivamente e continuamente durante o período de operação da máquina, podendo ainda ser retardada ou recuperada a depreciação ocorrida nessa fase (CAIRES, 2007).

No caso das causas funcionais, estas decorrem de fatores indiretos e independentes do projeto inicial da máquina, podendo atuar de maneira progressiva ou instantânea, em qualquer momento e fase da vida da máquina, influenciando juntamente (ou não) com as causas físicas. Dentre as causas funcionais mais comuns destaca-se a condição de obsoletismo (CAIRES, 2007), caracterizado por ser uma condição com baixa produtividade ou rendimento em relação a um equipamento similar para o mesmo fim, devido a aperfeiçoamentos, novos projetos, novos conceitos e ideias, etc (CHEDE, 1979).

Ainda assim, mesmo considerando as causas funcionais, os fatores que dão origem aos modelos de avaliação de máquinas são as causas físicas e seu desgaste progressivo atrelado a elas, sendo estas passíveis de previsão ou estimação por uma máquina, através de princípios e projetos mecânicos, ou através da observação empírica, chegando-se a modelos de curvas que podem reproduzir aproximadamente o comportamento e vidas das máquinas (BENVENHO, 2019).

A seguir, serão listados os principais modelos de depreciação utilizados para a Avaliação de Máquinas e Equipamentos:

3.1 Método da linha reta

Um dos métodos mais simples, o valor do bem, neste caso, deprecia linearmente com o tempo (BENVENHO, 2019).

Para esse modelo, somente é levado em consideração a idade do bem, falhando em considerar a vida útil, aspecto importante que determina se tal maquinário está ainda dentro de sua fase de "Mortalidade" ou se já estaria em sua fase de "Mortalidade Senil". Ademais, não são consideradas a operação e manutenção do equipamento, que se relacionam diretamente para a longevidade do item em questão.

3.2 Método de Cole

O modelo estabelece que dada depreciação para cada período seria igual ao "produto da depreciação total pelos elementos da série" (BENVENHO, 2019).

Neste caso, somente é levada em consideração a idade do bem e sua vida útil, ignorando o impacto intrínseco que o bom cuidado do maquinário e sua carga ao longo de sua operação possa afetar a depreciação do bem.

3.3 Método da criticidade

Método desenvolvido pelo Eng. João Carlos Alves Barbosa, relaciona o percentual do valor do bem novo e sua manutenção. Desta maneira, cria-se um índice que funciona com índices de disponibilidade compatíveis com o empreendimento (BENVENHO, 2019).

Apesar de ser um método muito utilizado para determinação e aplicação de manutenções no equipamento, é um método qualitativo, que se baseia fortemente no *know-how* do engenheiro avaliador que o utiliza.

3.4 Método de Caires

Como determinado pelo Eng. Hélio de Caires (BENVENHO, 2019), o modelo pretende aproximar uma curva que represente o dado valor depreciado do bem para a sua vida útil, ponderando nessa aproximação a sua idade, o seu valor residual, sua vida útil e fatores de manutenção e operação, da seguinte maneira:

$$D(t,\mu,\tau,\eta) = \frac{A}{1 + Be^{\theta(\mu,\tau)*C*(\frac{t}{\eta})}}$$

Onde:
A=1,347961431
B=A-1
C=3,579761431
E=2,7182

$$\theta(\mu,\tau) = 0{,}853081710 * e^{0{,}067348748\tau - 0{,}041679277\mu - 0{,}001022860\tau\mu}$$

Onde:

t- Idade real da máquina

μ- Coeficiente de Manutenção

τ- Coeficiente de trabalho

T- Vida útil média, para a manutenção e trabalho normais.

O coeficiente de trabalho τ tem a função de levar em conta as condições de carga de trabalho do equipamento tais como: regime contínuo, intermitente, constantes acionamentos e paradas, rotação alta e/ou baixa, sub ou super utilização em relação às condições de projeto, temperaturas e ambientes corrosivo, entre outros aspectos (BENVENHO, 2019).

O Coeficiente de Práticas de Manutenção μ leva em conta o regime e manutenção aplicado aos equipamentos tais como: sem manutenção, com manutenção corretiva, manutenção preventiva e manutenção preditiva, com equipe própria, terceirizada ou externa (BENVENHO, 2019).

Figura 1 – Valores para o Coeficiente de Manutenção (chamado abaixo de CM) e para o Coeficiente de Trabalho (chamado abaixo de CT)

	CM	CT
0	Inexistente	Nulo
5	Sofrível	Leve
10	Normal	Normal
15	Rigorosa	Pesado
20	Perfeita	Extremo

Fonte: OLIVEIRA (2003)

3.5 Método de Ross e Ross-Heidecke

O método de Ross considera uma função polinomial da vida útil e idade do bem como sendo equivalente à depreciação deste (BENVENHO, 2019). Tal modelo sofre da mesma limitação vista para a metodologia de Cole, que considera a depreciação do equipamento somente relacionada à sua vida útil e sua idade, sem levar em conta fatores adicionais que possam modificá-la.

Desta maneira, o método de Ross-Heidecke adiciona uma camada de vaiável, ao combinar o modelo de Ross com a tabela de estados de conservação de Heidecke, muito utilizada na avaliação de benfeitorias e construções (BENVENHO, 2019).

Assim, apesar de não considerar a operação e a manutenção do maquinário, de certa forma, se considera o cuidado, de maneira indireta, que o proprietário teve com seu equipamento no cálculo de depreciação.

3.6 Método de Ross-Heidecke adaptado

Como visto anteriormente, o método de Ross-Heidecke considera que a depreciação seria uma perda de valor que não pode ser recuperada com gastos de manutenção, sendo que as reparações apenas melhoram a durabilidade do bem.

No entanto, uma boa manutenção, regular, levaria a uma depreciação continua e estável, enquanto que um bem mal-conservado sofreria maior depreciação. Assim, BENVENHO & SABINO (2013) aplicaram a metodologia de Rosse-Heicke em conjunto com a metodologia de Caires, de modo a se obter valores mais fidedignos dos equipamentos.

A seguir observa-se a tabela de critérios aplicada a máquinas e equipamentos, para determinação do estado de conservação:

Figura 2 – Critérios de Heidecke adaptados para a avaliação de máquinas e equipamentos

ESTADO	CONCEITO	CRITÉRIOS PARA DETERMINAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO
1	NOVO	Máquina/equipamento, com até seis meses de uso e sem danos.
1,5	ENTRE NOVO E REGULAR	Quando a máquina/equipamento em questão, apesar de já submetido ao uso, apresenta-se nas condições de novo ou bem próximo disso. Não recebeu e nem necessita de reparos.
2	REGULAR	Quando o objeto de serviço de recuperação ou de restauração recente deixou a máquina/equipamento em condições próximas ao de novo. Quando da existência de atividade de manutenção permanente e eficiente que mantém a aparência e/ou uso em condições de novo; Requer apenas limpeza sem utilização de mão de obra especializada para manter a máquina/equipamento em boas condições de uso/aparência.
2,5	ENTRE REGULAR E REPAROS SIMPLES	Atividade de manutenção eventual ou periódica que mantém uma boa aparência e condições normais de uso, mas sem o aspecto de novo ou recuperação recente. Requer intervenções superficiais em pontos localizados para recuperação de desgastes naturais. Pode requerer mão de obra especializada com uso de instrumentos especiais.
3	REPAROS SIMPLES	Requer intervenções em pontos localizados ou em partes/componentes definidos para restauração de aspectos e/ou funcionalidades originais. Necessitam de serviços generalizados de manutenção e limpeza. Implicam a realização de serviços superficiais ou reparos de partes ou componentes definidos/localizados com mão de obra especializada. Não comprometem a operação e a funcionalidade.
3,5	ENTRE REPAROS SIMPLES E IMPORTANTES	Requer intervenções generalizadas na maior parte da máquina/ equipamento, ou com profundidades em peças ou componentes específicos sob pena de comprometimento iminente de operação e segurança. Implica restauração ou recuperação com remoção/ substituição/ adição de elementos ou peças com mão de obra especializada.
4	REPAROS IMPORTANTES	Requer intervenções generalizadas e com profundidade em partes ou peças críticas sob o aspecto de estética, salubridade, segurança e funcionalidade. Implica restauração ou recuperação com remoção/ substituição/ adição de elementos ou peças com mão de obra especializada.
4,5	ENTRE REPAROS IMPORTANTES E SEM VALOR	Restauração total de elementos ou peças importantes. Degradação generalizada e com alto grau de exposição. Alto nível de comprometimento da funcionalidade, segurança e operação.
5	SEM VALOR	Máquina/equipamento em estado de demolição. Sem condição de operação ou uso.

Fonte: BENVENHO & SABINO (2013)

Consultado o estado do bem, identifica-se, em seguida, o percentual de depreciação imposto:

Figura 3 – Critérios de Heidecke adaptados e seus percentuais de depreciação

Condições Físicas	Estado	Conceito	EC	Depreciação (%)
Não sofreu nem requer reparos	Novo	1	1,0000	0,00%
	Novo-Regular	1,5	0,9968	0,32%
Requer pequenos reparos	Regular	2	0,9748	2,52%
	Regular-Rep.simples	2,5	0,9191	8,09%
Requer reparacões simples	Rep.simples	3	0,8190	18,10%
	Rep. simples-import	3,5	0,6680	33,20%
Requer reparações importantes	Rep.import.	4	0,4740	52,60%
	Rep.import-sem valor	4,5	0,2480	75,20%
Valor de demolição (residual)	Sem valor	5	0,0000	100,00%

Fonte: BENVENHO & SABINO (2013)

4. DESCRIÇÃO DAS MÁQUINAS

Como visto na seção anterior, é um aspecto importante do processo de avaliação de máquinas e equipamentos a caracterização dos ativos a serem estudados. A seguir, os quatro altos-fornos analisados são expostos com suas características técnicas:

4.1 Alto-forno “A”

Volume: 80 m^3
Produção prevista: 180 t/dia ou 65.700 t/ano.
Manutenção: Manutenção preventiva, com etapas diárias, semanais e mensais. Reforma geral a cada 15 anos.
Estado de conservação: Em perfeito funcionamento.
Operação: Operação contínua, comum de um alto-forno.
Data de implementação: Por volta de 2000. Última reforma ocorrida em 2015.

4.2 Alto-forno “B”

Volume: 115 m^3
Produção prevista: 260 t/dia ou 94.900 t/ano.
Manutenção: Manutenção preventiva, com etapas diárias, semanais e mensais. Reforma geral atrasou por conta da pandemia do COVID-19.
Estado de conservação: Necessitando de reparos importantes (lingoteira, ventaneiras e timpas, correias transportadoras e bombas danificadas, refratários em necessidade de substituição).
Operação: Operação contínua, comum de um alto-forno, com paradas frequentes para manutenção corretiva.
Data de implementação: Por volta de 2005.

4.3 Alto-forno “C”

Volume: 150 m^3
Produção prevista: 340 t/dia ou 124.100 t/ano.

Manutenção: Alto-forno está funcionando estritamente à base de manutenções corretivas desde 2020, quando foi determinada que sua operação seria de apoio aos alto-fornos menores, devido à queda na produção.

Estado de conservação: Em perfeito funcionamento.

Operação: Operação contínua, comum de um alto-forno, com paradas frequentes para manutenção corretiva.

Data de implementação: Por volta de 2010.

4.4 Alto-forno "D"

Volume: 150 m^3

Produção prevista: 340 t/dia ou 124.100 t/ano.

Manutenção: O equipamento não sofre nenhum tipo de manutenção desde 2020.

Estado de conservação: Péssimo estado de conservação, com necessidade de reparos vitais para o funcionamento correto do equipamento.

Operação: Alto-forno se encontra abafado desde 2020.

Data de implementação: Instalado em 2010 e abafado em 2020.

5. AVALIAÇÃO DOS ALTO-FORNOS

Para efetuar a avaliação dos alto-fornos caracterizados acima, utilizando o método de custos, buscou-se no mercado um orçamento para um alto-forno novo. No entanto, devido à dificuldade de se obter informações, por conta das características próprias desses equipamentos estudados e da baixa oferta no mercado para o equipamento, utilizou-se como base um orçamento datado de janeiro de 2010, devidamente atualizado de acordo com o IPA – Máquinas e Equipamentos.

Ademais, como visto anteriormente, os Alto-Fornos encontravam-se em diferentes estados de conservação, manutenção e operação, muitas vezes descaracterizados completamente, com ausência de peças complementares e, muitas vezes, fundamentais.

Assim, a depreciação de um equipamento novo, íntegro, com todas as peças fundamentais, não seria capaz de refletir a real depreciação sofrida por um forno descaracterizado.

Portanto, o orçamento foi adaptado para cada condição do alto-forno, refletindo sua descaracterização, sua capacidade e os itens que estariam, no momento presente da avaliação, ausentes de sua composição.

Entre os modelos genéricos, um dos mais simples e conhecidos é do Eng. Hélio Roberto de Caires. Este modelo é particularmente utilizado para os cálculos de avaliação de máquinas e equipamentos sujeitos a regime severo de operação ou sob condições precárias de manutenção, quando estes fatores possam exercer influência decisiva no resultado final da avaliação.

Desta maneira, optou-se pela aplicação da metodologia no estudo dos Alto-Fornos, com adaptações conforme as características de condições, operação e manutenção apresentadas pelos equipamentos.

Para os fornos “A” e “C” que se encontram em perfeito estado de funcionamento, ainda que com diferentes estados de manutenção e operação, manteve-se a aplicação do Método de Caires em sua concepção inicial. Para o forno “B”, que apresenta necessidade de reparos importantes, demonstrando um estado de conservação mais precário, optou-se pela aplicação do Método Adaptado de Ross-Heidecke. Por fim, para o forno “D”, com estado avançado de deterioração, optou-se pela aplicação do Método de Ross-Heidecke tradicional.

Para Valor Residual, sendo este um valor geralmente arbitrado, optou-se por considerar como a taxa de depreciação prevista para fornos industriais, conforme previsto pela Instrução Normativa nº 1700 da Receita Federal (BRASIL, 2017):

Figura 4 - Trecho da IN nº 1700

Referência NCM	Bens	Prazo de vida útil (anos)	Taxa anual de depreciação
8417	FORNOS INDUSTRIAIS OU DE LABORATÓRIO, INCLUÍDOS OS INCINERADORES, NÃO ELÉTRICOS Ver Nota (1)	10	10%

Fonte: BRASIL (2017)

Em relação à vida útil, apesar da Instrução Normativa indicar 10 anos, este não é um valor tecnicamente próximo da realidade tecnológica atual. Como visto em reportagem, a vida útil de um alto-forno não pode ultrapassar 20 anos (BIANCHETTI, 2019):

Figura 5 - Trecho da reportagem do Diário do Comércio

Ainda no exercício passado, uma fonte da área siderúrgica que pediu para não ser identificada, alertou para a necessidade de uma intervenção maior na estrutura, como a troca dos refratários do equipamento, pois as últimas manutenções ocorreram em 1999. "A vida útil de um alto-forno não pode passar de 20 anos. E o que diz muito sobre sua manutenção ou troca é não somente sua utilização, mas o material refratário e até o tipo do minério que é transformado", explicou, na época, dizendo que obra deste porte custaria mais alguns milhões de reais para a empresa.

Fonte: BIANCHETTI (2019)

Destaca-se, no entanto, que tal vida útil é medida por campanha, ou seja, a operação de um alto-forno até a sua próxima grande reforma (OLIVEIRA, 2019). Desta forma, pode-se considerar como, em média, para a vida útil total do alto-forno, a vida-útil em cada campanha e a prevista na campanha atual.

Figura 6 - Trecho da reportagem do site Click Petróleo e Gás

Já o alto-forno 3 que irá parar para manutenção em 2021, produz sozinho 7 mil toneladas de ferro-gusa diariamente, quase o dobro dos outros dois equipamentos.

O alto-forno 3 também já opera há 20 anos e a intenção é estender a sua vida útil em 20 anos. O investimento total nas reformas está previsto em R$ 1,234 bilhão, confirmando a confiança da Usiminas na retomada do mercado nos próximos anos.

Fonte: OLIVEIRA (2019)

Os dados de idade, estado de conservação, manutenção e operação já foram apresentados na seção anterior.

Desta forma, pode-se analisar a avaliação feita para os alto-fornos a seguir:

5.1 Alto-forno “A”

Como se observou, apesar de ser o menor alto-forno, o Alto-Forno A é o que apresenta melhor operação: sua operação é contínua, como se espera de um alto-forno, e este não é afetado, de maneira significativa, pela necessidade de manutenções corretivas, que levariam a paradas e suspensão da produção em muitos casos. Assim, pode-se considerar seu Coeficiente de Trabalho como “Normal”.

O alto-forno em questão, de maneira similar, apresenta controle rigoroso de manutenção. As manutenções preventivas estão em dia e estão separadas por ações diárias, semanais e mensais. Adicionalmente, antes de dar o prazo máximo para a vida útil do alto-forno, este ainda passa por extensa reforma geral, garantindo seu funcionamento normal pelos próximos anos, garantindo, portanto, o Coeficiente de Manutenção como “Rigorosa”.

É um dos primeiros equipamentos a serem instalados no sítio, com idade total de 23 anos. Ainda assim, como sofreu uma grande reforma em 2015, antes do prazo de sua vida útil, esta foi renovada por mais 20 anos, de certa forma, levando à sua nova vida útil considerada como 35 anos.

Considerando os fatores acima e a garantia do Valor Residual de 0,1, tem-se:

Tabela 1 - Avaliação do Alto-Forno A

ALTO FORNO “A”		
Vo	R$ 26.595.971,19	Cotação no mercado.
τ	10	O coeficiente de trabalho
μ	15	O Coeficiente de Práticas de Manutenção.

t	23	Idade do bem em avaliação em anos
T	35	Vida útil média em anos
VR	0,1	Valor residual do bem entre 0 e 1.
Φ	0,77	Tabela 3 de Caires
t/T	0,51	
D(t)	0,42777	Tabela 4 de Caires
V	R$ 12.898.859,86	Valor de mercado do bem

Fonte: Elaborado pela Autora.

Observa-se, assim, que apesar dos inúmeros cuidados dispostos para a máquina, a idade do equipamento ainda é um fator determinante para a depreciação do alto-forno, denotando as mudanças tecnológicas que são naturais e esperadas em um período de 23 anos.

5.2 Alto-forno "B"

O Alto-Forno B, de maior capacidade produtiva, também foi instalado em momento posterior (2005). Apesar de ter se mantido controle rigoroso de manutenção até um certo ponto, com manutenções preventivas presentes e contínuas, não foi efetuada a reforma prevista para 2020, por conta da pandemia da COVID-19, e, portanto, o equipamento não sofreu extensão de sua vida útil. Desta maneira, com o declínio natural do forno previsto, a ocorrência de manutenções corretivas é muito superior do que o considerado o normal, afetando não só a integridade do item como sua funcionalidade.

Assim, estabeleceu-se o Coeficiente de Trabalho como "Normal" e o Coeficiente de Manutenção como "Normal".

Por fim, foi observado que, por conta da deficiência de manutenção e ausência de reforma em tempo esperado, há inúmeros reparos e trocas necessárias para o funcionamento perfeito do maquinário, como em suas lingoteiras, ventaneiras, timpas, correias, bombas e refratários.

Por conta do estado de conservação pontual e característico, que evidencia a ausência de cuidados mecânicos com o maquinário, foi realizada a avaliação a partir do Método de Ross-Heidecke adaptado, como se segue:

Tabela 2 - Avaliação do Alto-Forno B

ALTO-FORNO B		
Vo	R$ 24.860.072,64	Cotação no mercado.
T	10	O coeficiente de trabalho

μ	5	O Coeficiente de Práticas de Manutenção.
t	18	Idade do bem em avaliação em anos
T	20	Vida útil média em anos
VR	0,1	Valor residual do bem entre 0 e 1.
Φ	1,29	Tabela 3 de Caires
t/T	1,16	
D(t)	0,06	Tabela 4 de Caires
V	R$ 1.813.851.856,45	Valor de mercado do bem a

Fonte: Elaborado pela Autora.

Considerando o apresentado, nota-se que o valor final do item foi muito impactado pelo estado observado no momento de avaliação. Se comparado com o Alto-Forno A, mais antigo e menor que o forno B, seu valor é bastante inferior.

Ainda que tenha sido considerado, para o V_0 um valor adaptado de modo a desconsiderar as peças que deveriam ser trocadas ou reformadas para que o equipamento funcionasse perfeitamente, o fato de que a manutenção não foi cumprida de maneira rigorosa, permitindo que o equipamento se aproximasse mais do fim de sua vida útil, garantindo a necessidade de maiores intervenções, paradas e reformas generalizadas (e caras), levou a uma depreciação significativa do alto-forno.

5.3 Alto-forno “C”

Já o Alto-Forno C, de 150 m^3, foi instalado em 2010. Por conta de momento de crise sofrido pela empresa independente, a partir de 2020 sua produção foi reduzida, servindo apenas de apoio ao Alto-Forno A e B.

Dessa maneira, como sua produção foi reduzida, diminuindo seu grau de operação, gastos correlacionados ao maquinário também foram reduzidos, levando à troca consciente, pela empresa, das manutenções preventivas periódicas por manutenções meramente corretivas. Desta maneira, determinou-se seu Coeficiente de Trabalho como “Leve” e seu Coeficiente de Manutenção como “Deficiente”.

Ainda assim, é um equipamento relativamente jovem e sem evidências de grandes deteriorações, aparentemente. Desta forma, segue:

Tabela 3 - Avaliação do Alto-Forno C

ALTO FORNO C		
Vo	R$ 50.236.834,48	Cotação no mercado.
T	5	O coeficiente de trabalho

μ	5	O Coeficiente de Práticas de Manutenção.
t	13	Idade do bem em avaliação em anos
T	20	Vida útil média em anos
VR	0,1	Valor residual do bem entre 0 e 1.
Φ	0,95	Tabela 3 de Caires
t/T	0,62	
D(t)	0,32079	Tabela 4 de Caires
V	R$ 19.527.610,17	Valor de mercado do bem

Fonte: Elaborado pela Autora.

Ressalta-se que o alto-forno analisado acima apresenta capacidade superior aos outros dois alto-fornos “A” e “B”, além de ser relativamente jovem, se comparado a ambos.

Assim, observa-se que estes fatores previnem que o forno em questão sofra com um grande coeficiente de depreciação, mesmo com a aplicação da manutenção mecânica sobre o equipamento de maneira pouco condizente com os parâmetros de qualidade mundiais.

Outro fator que pode ter auxiliado à menor taxa de depreciação sofrida pelo forno seria seu Coeficiente de Trabalho. Trabalhando de maneira “leve”, entende-se que o equipamento estaria sendo resguardado contra grandes esforços mecânicos, que levariam ao desgaste mais rápido do equipamento e, consequentemente, à diminuição de sua vida útil natural.

5.3 Alto-forno “D”

Por fim, o Alto-Forno D, com a mesma capacidade que o Alto-Forno C e mesma época de instalação, é o equipamento em estado mais crítico. Por conta da redução da produção em 2020, o forno foi abafado e não se encontra mais em funcionamento. Por esse mesmo motivo, não passa por nenhum tipo de manutenção, nem mesmo corretiva, sendo, praticamente, esquecido.

Desta forma, o forno, em um ambiente pouco propício para ser mantido fora de funcionamento e sem manutenção, sofreu grandes danos e perdas de partes importantes para seu funcionamento. As lingoteiras, ventaneiras, timpas, correias transportadoras, bombas, glendons e outras máquinas anexas, por exemplo, não estão em mais nenhuma condição de reparo e devem ser trocadas imediatamente.

Considerando o exposto, optou-se pela aplicação do Método Ross-Heidecke comum, já que a operação e a manutenção do equipamento não afetam mais na análise de depreciação da máquina. Assim, segue:

Tabela 4 - Avaliação do Alto-Forno D

ALTO-FORNO D		
tc	13	Idade do Alto-Forno
T	20	Vida útil do Alto-Forno
%AFD	66	t/T
D(x)	0,112	Coeficiente de Depreciação
V	R$ 2.251.901,78	Valor de mercado

Fonte: Elaborado pela Autora.

Analisando o item avaliado, nota-se que o valor final do equipamento foi muito impactado pelo estado observado no momento de avaliação. Se comparado com o Alto-Forno C, de mesma capacidade e mesmo ano de instalação, a depreciação para o Alto-Forno D foi significativa.

Ainda que tenha sido considerado, para o V_0 um valor adaptado de modo a desconsiderar as peças que deveriam ser trocadas ou reformadas para que o equipamento funcionasse perfeitamente, o fato de que não só a manutenção e operação cuidadosa são importantes para a menor depreciação de equipamentos usados, como também a sua conservação.

Mesmo parados e sem manutenção, se as partes que formam o alto-forno fossem alocadas e conservadas em local propicio, de acordo com manual de instrução do fabricante e a estrutura do alto-forno fosse protegido contra intempéries, enquanto parado, o seu estado de conservação estaria melhor e, consequentemente, seu valor de mercado.

6. CONCLUSÕES

A indústria siderúrgica no Brasil e, especialmente, em Minas Gerais, evoluiu muito nos últimos cem anos. Tais evoluções permitiram que a indústria de aço crescesse a ponto de fornecer esse bem de consumo a outros países, com qualidade e bons preços, criando um legado e um objeto de desejo, em muitos casos.

Já o estudo de Engenharia de Avaliações, fundamental para a verificação de valores de diversos tipos de bens, ainda é muito baseado em fatores qualitativos, como o conhecimento e o bom julgamento do profissional que executa a avaliação, deixando margem para a disposição e análise de variáveis que são fundamentais para a correta valoração de bens de maneira equivocada, levando a diversos resultados diferentes do esperado

Por conta de sua importância na indústria brasileira e mineira e por suas características marcantes de um bom equipamento mecânico, que se correlacionam em diferentes níveis, foi escolhida a avaliação de alto-fornos para demonstrar e entender qual o nível de importância da análise de variáveis e o impacto de seu modo de uso no resultado de uma avaliação.

Ao longo deste trabalho foi analisada a avaliação de quatro alto-fornos diferentes, instalados na mesma região, que apresentavam algumas características diferentes e outras semelhantes, entre si.

O Alto-Forno A, menor e mais antigo, apresentava um excelente estado de conservação, operação continua e manutenção rigorosa. Passava por reformas gerais a cada 15 anos, garantindo a extensão da vida útil do equipamento.

Já o Alto-Forno B, maior que o "A" e mais novo (de 2005), ainda mantinha operação regular e manutenção considerada normal, ainda que tenha faltado com a reforma geral do equipamento no momento esperado. Por isso, apresentava necessidade de diversos reparos, fundamentais para a continuidade de sua operação.

O Alto-Forno C, um dos maiores e mais jovens, sofreu com a queda de produtividade observada na empresa a partir de 2020, sendo relegado a manutenções majoritariamente corretivas e a uma carga de trabalho mais leve, de modo que sua capacidade produtiva não alcança a nominal esperada.

Por fim, o Alto-Forno D, instalado no mesmo ano que o forno "C" e com mesmo volume, foi "abafado" em 2020, impactado pela mesma diminuição de produtividade mencionada anteriormente. Esquecido, não sofreu nenhum tipo de manutenção, sendo lentamente dilapidado pelo tempo e pela atmosfera, chegando em um ponto crítico de má conservação.

Considerando os pontos expostos acima, notou-se que uma das variáveis preponderantes e mais importantes em todas as análises é a idade do bem, aliada à vida útil. Quando aplicado grandes reparos, que estendiam a vida útil do bem, a maior idade do bem sofria um amortecimento na sua relação com a taxa de depreciação, sendo um fator importante para aqueles que tem intenção de garantir a funcionalidade prolongada do bem ou pretendem ser beneficiados em futura venda deste.

Outro fator de extrema importância observado foi a manutenção do bem. Equipamentos que sofriam manutenção mais rigorosa (de acordo com as normas de qualidade conhecidas) tendiam a refrear a taxa de depreciação sofrida pelo bem. Desta maneira, resta evidente que a aplicação de manutenção preventiva de maneira periódica garante não só a longevidade do bem, mas também reduz o índice de reparos de grande magnitude, caros e extensivos, que impactam significativamente na operação e produção do alto-forno.

Por fim, outro fator que se mostrou de grande importância na análise das variáveis foi o estado de conservação do equipamento. Altos-fornos em pior estado de conservação tinham um aumento súbito em sua taxa de depreciação, mesmo para equipamentos mais novos e com maior capacidade produtiva.

Esse estado de conservação muitas vezes está relacionado diretamente à manutenção mecânica aplicada ao equipamento, levando à uma correlação dos fatores. Ainda assim, pode ser um indicativo da maneira como os bens estão sendo preservados, demonstrando a necessidade, sempre, de se seguir as instruções dispostas pelos fabricantes, evitando perdas não só financeiras, mas também de bens, gerando menos entulho e sucata, garantindo uma empresa limpa, organizada e sustentável.

Logo, entende-se que, para a avaliação metódica de qualquer tipo de equipamento ou máquina, é necessário entender como funciona o bem avaliado e

como suas principais variáveis se comportam, não só em relação ao meio em que estão aplicadas, mas também entre si.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14653-1/19. Avaliação de Bens. Parte 1: Procedimentos Gerais.** Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

_____. **NBR 14653-1/19. Avaliação de Bens. Parte 5: Máquinas, equipamentos, instalações e bens industriais em geral.** Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ANDRADE, Maria *et al.* Ferro Gusa: Metálico Alternativo – Área de Operações Industriais. **Mineração e Metalurgia**, nº 41, BNDES, 2000.

BENVENHO, Agnaldo Calvi. **Avaliação de Máquinas, Equipamentos, Instalações e Complexos Industriais.** São Paulo: EUD, 2019.

BENVENHO, Agnaldo Calvi; SABINO, Alexandre Gustavo. Proposta de uso conjunto do método de Caíres e Ross-Heidecke de modo a complementar e aprimorar a metodologia tradicional de avaliação de máquinas e equipamentos. *In:* **XVII COBREAP – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS,** 2013.

CAIRES, Hélio Roberto Ribeiro de. **Técnicas especiais em avaliação. In: IBAPE-SP. Engenharia de Avaliações**. São Paulo: Editora Pini, 2007.

CHEDE, Gil José. **Engenharia de Avaliação – I.** Curitiba: BDMG, 1979.

CHIAVERINI, Vicente. **Tecnologia Mecânica.** São Paulo: McGraw-Hill, 1986.

CVRD. **Seminário ABM.** 2006.

FONSECA, Paulo Sergio Moreira; CARVALHO, Pedro Sérgio Landim de; SILVA, Marcelo Machado da. Investimentos na siderurgia brasileira. In: TORRES, Ernani. **Perspectivas do Investimento 2010-2013.** Rio de Janeiro: BNDES, 2011, p. 71-107.

GOMES, Marcu Túlio Maciel *et al.* Diagnóstico da Indústria Siderúrgica em Minas Gerais. **Cerne**, Lavras, vol. 13, p. 60-66, dezembro, 2007. Disponível em: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74459039011. Acesso em: 10 de abril de 2023.

LINS, Márcio Cavalcanti. **O Ferro Gusa na Região Norte:** Estudo de Caso das Siderúrgicas Instaladas ao Longo da Estrada de Ferro Carajás. TCC (Especialização em Gestão Ambiental) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará. Belém, p.46, 2008.

MOREIRA, Alberto Lélio. **Princípios de Engenharia de Avaliações.** São Paulo: Pini, 1997.

OLIVEIRA, Angelo Megumi de. MÉTODO COMPARATIVO-ESTATÍSTICO PARA AVALIAÇÃO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS. *In:* **XII COBREAP – Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias**, 2003.

WUTTKE, Régis André; SELLITTO, Miguel Afonso. Cálculo da disponibilidade e da posição na curva da banheira de uma válvula de processo petroquímico. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia de Produção**, vol. 8, nº 4, 2008. Disponivel em: https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/134. Acesso em: 10 de abril de 2023.