

INFLUÊNCIA DE PROCESSOS DE CONFORMAÇÃO MECÂNICA NAS PROPRIEDADES DOS MATERIAIS PARA A GESTÃO DA MANUTENÇÃO

Juliana Cordeiro Fernandes Machado (UNIFEI)
jucomach@hotmail.com

Thulio Eugenio Portes de Almeida Ricomini (UNIFEI)
thulioricomini@hotmail.com

Reny Angela Renzetti (UNIFEI)
reny@unifei.edu.br



A gestão da manutenção demanda estudos que auxiliem na tomada de decisão a respeito, por exemplo, de reposição ou não peças específicas, entretanto esta abordagem ainda é escassa no Brasil, por exemplo, quanto à materiais que são utilizados no setor industrial. Nesta ótica, este trabalho tem o objetivo de apresentar como deformações iguais resultam em diferentes variações das propriedades mecânicas dos aços inoxidáveis AISI304 e AISI2205. Visto que ambos os aços se destacam em termos de aplicabilidades dentro das suas classes. Para isso utilizou-se da revisão bibliográfica e da pesquisa experimental, para abordar situações-problema possíveis conforme as aplicações dos aços estudados. Dessa forma, pode-se concluir como a confiabilidade dos parâmetros propostos pelo fabricantes pode ser comprometida com processos de conformação inesperados. Nos resultados observa-se uma grande diferença entre os aços avaliados quanto à amplitude de variação das propriedades mecânicas, podendo assim, este trabalho ser utilizado como referência na escolha de substituir ou manter peças conforme as situações-problema abordadas.

Palavras-chave: Aço inoxidável. Dobramento, Gestão da manutenção.

1. Introdução

A exposição de equipamentos a meios desgastantes é um fator crítico para a durabilidade dos materiais utilizados na produção; destes, denota-se que toda ferramenta está sujeita a falhas, e esta característica é agravada pelo desgaste dos materiais. Cavalcante e Almeida (2005) ressaltam que falhas podem ser traduzidas diretamente em custos para a empresa e pode levar a falta de confiabilidade dos clientes, e, portanto, a prevenção de erros possui relevância considerável em âmbito competitivo.

Para a indústria, a reposição de peças é consideravelmente importante, tendo impacto direto na produtividade e custos da empresa. Assim, a manutenção preditiva mostra-se como a forma mais viável para a empresa manter seus custos de reposição baixos, entretanto, tal ação demanda que seus colaboradores tenham o conhecimento necessário sobre os equipamentos (RIZZO, 2008). Assim, é essencial para o engenheiro de produção possuir ferramentas que predizem a vida útil dos materiais utilizados em equipamentos, máquinas e ferramentas, fazendo uso de métodos referentes à gestão da manutenção.

Nesse contexto, vale ressaltar que a degradação dos materiais e sua durabilidade estão atreladas a vários fatores, como por exemplo, tratamentos térmicos e processos de conformação que os materiais sofreram durante sua confecção. Dentre os processos de conformação, pode-se citar o dobramento que é um processo muito utilizado para provocar deformações em materiais. O dobramento consiste na deformação de chapas por flexão e pode representar uma etapa isolada de processamento do material ou pode ser uma etapa de deformação plástica em outros processos de conformação mecânica.

Adicionalmente, para reduzir o número de intervenções, atuando preventivamente, de modo a atender a disponibilidade e confiabilidade operacional dos equipamentos, o planejamento e a escolha certa do material são de suma importância. Pois assim, é possível que haja previsibilidade dos impactos e falhas que podem ocorrer, reduzindo interrupções provenientes de quebra, ou falhas, de equipamentos do processo produtivo. Entretanto, é escasso na bibliografia o impacto dos processos de conformação mecânica na durabilidade dos equipamentos, fator decisivo no planejamento da manutenção, e da própria escolha de material.

Portanto, o objetivo deste artigo é estudar a influência do dobramento nas propriedades mecânicas dos aços AISI304 e AISI2205, explorando a significância de uma conformação mecânica inesperada (como impacto de uma carga no equipamento) para continuidade do uso

do equipamento. Para isso, utilizou-se como métodos a revisão bibliográfica e a pesquisa experimental.

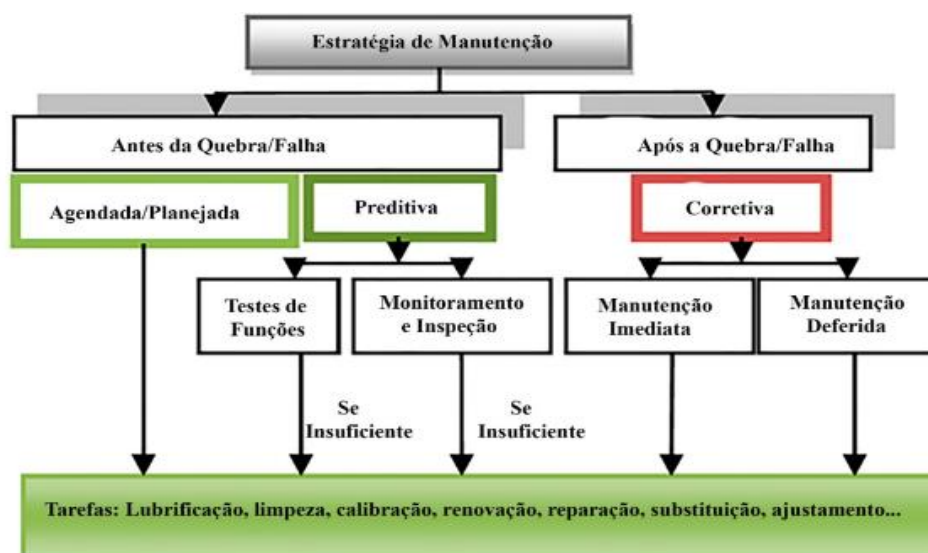
2. Referencial Teórico

2.1. Manutenção e Gestão da Manutenção

Manutenção pode ser definida como toda ação desempenhada com intuito de detectar, prevenir ou corrigir falhas e defeitos com a finalidade de sustentar, em condições de uso, e prolongar ao máximo a vida útil de equipamentos ou máquinas. (QUEIROZ, 2015). Assim, a missão da manutenção é garantir a funcionalidade dos equipamentos e instalações de modo a atender um processo com segurança, preservação do meio ambiente, confiabilidade e custo adequado. (KARDEC; NASCIF, 2009).

Já a gestão da manutenção tem a função de manter maquinarias e instalações em estado de funcionamento apropriado, buscando o ponto de equilíbrio dos esforços destinados à manutenção dentre o desejado e o necessário para a empresa, reduzindo os custos destinados em contraponto aos benefícios agregados à empresa (MOUTA, 2011). Para tanto existem estratégias de manutenção, definidas conforme seus objetivos e o momento da vida útil das ferramentas, em que o conceito das principais estratégias pode ser observado na Figura 1.

Figura 1: Estratégias de manutenção e tarefas da manutenção



Fonte: Adaptado de Pacaiova e Glatz, 2015.

Segundo Queiroz (2015) e Kardec e Nascif (2010), a manutenção é geralmente dividida em áreas, conforme seus objetivos e momento de ocorrência:

- a) Manutenção corretiva: realizada imediatamente após um defeito, ou falha, não esperado.

- b) Manutenção corretiva programada: quando a falha do equipamento é esperada e iminente, visto operação de baixo rendimento do mesmo.
- c) Manutenção preventiva: são realizadas antes de surgirem defeitos, afim de manter o equipamento operando conforme especificações;
- d) Manutenção preditiva: ocorrem conforme um limite de ciclos pré-definidos, reduzindo as manutenções preventivas e corretivas.
- e) Manutenção autônoma: pequenas intervenções contínuas realizadas pelos operadores.

Sobre a manutenção preventiva, Pacaiova e Glatz (2015) relevam a aplicação de limites para a durabilidade de peças e partes, enquanto a manutenção deve ocorrer conforme um limite fixo de tempo, ciclos, quilometragem, dentre outros parâmetros. Portanto é preciso conhecer os fatores que restringem a vida útil dos materiais.

Adicionalmente, vale ressaltar que um dos oito pilares da Manutenção Produtiva é o Controle Inicial que tem como principais objetivos a redução da necessidade de manutenção do equipamento e o desenvolvimento de equipamentos com facilidade de operação, de manutenção e de implantação de Manutenção Autônoma, com tempos reduzidos de partida, com confiabilidade e segurança. (Suzuki, 1994; Kardec; Nascif, 2002). Ou seja, conforme Suzuki (1994) e Kardec e Nascif (2002) este pilar garante uma interface entre engenharia de projeto e engenharia de manutenção e tem-se que uma boa maneira de se fazer o controle inicial é por meio da escolha adequada do material.

Gürler e Kaya (2001) ressaltam que em sistemas complexos, pequenas falhas levam ao erro de todo o processo, assim é preciso conhecer as implicações da durabilidade de cada item que compõe o equipamento. Para tanto, existe na literatura estudos sobre os impactos de diferentes processos na durabilidade dos materiais, como por exemplo, da corrosão e seu impacto nos custos de manutenção. (FINŠGAR e JACKSON, 2014; GARCIA-ARRIAGA *et al.*, 2010)

Finalmente, Alves *et al.* (2014) explorou fatores que levaram ao rompimento precoce de tubos nos pré-aquecedores de caldeiras. Os tubos estudados utilizavam o aço AISI409, e acredita-se que o uso de tal aço tenha sido fator determinante no mal resultado do projeto e na manutenção corretiva precoce, demonstrando os impactos da má especificação nos custos e na confiabilidade dos processos. São encontradas na literatura pesquisas semelhantes, que exploram a importância da correta especificação do tipo de aço a ser utilizado, bem como fatores implicantes na vida útil das peças produzidas (SHIN e HSU, 1992; KÖSTER *et. al*, 2013; FINŠGAR e JACKSON, 2014; FORSÉN, AROMAA, TAVI, 1993).

2.2 Propriedades mecânicas

Callister (2008) ressalta que para toda aplicação é necessário conhecer as propriedades mecânicas dos materiais, ou seja, a resistência de cada material para diferentes forças e circunstâncias de aplicação dessas forças. Dentre tais propriedades é válido citar, segundo a definição de Callister (2008):

- a) Dureza: A resistência do material à deformação plástica em uma região localizada (como riscos);
- b) Ductilidade: é o grau de deformação plástica do material até a fratura;
- c) Limite de resistência à tração: é a tensão máxima resistida até o início da stricção;
- d) Limite de escoamento: é a tensão máxima resistida até o início da deformação plástica.
- e) Elasticidade: é a capacidade de o material retornar ao seu estado original após aplicação de uma força.

2.3 Aços inoxidáveis

Os aços inoxidáveis são ligas ferrosas que além desses elementos possui cromo como elemento de liga. Sendo que, o cromo auxilia na formação da Camada Passiva no aço, que o protege contra-ataques corrosivo, ou seja, que garante aos aços inoxidáveis uma maior resistência à corrosão (CARVALHO, 2000).

Os aços inoxidáveis foram descobertos por Brearly Harry em 1912 (MANFRINATO, 2006; CARBÓ, 2001). Ademais, a classificação mais antiga e adotada dos aços inoxidáveis é comumente feita pelo *American Iron and Steel Institute* – AISI (PINTO, 2006). Conforme a microestrutura estabelecida pela composição química e os tratamentos térmicos os aços inoxidáveis são classificados em cinco grupos segundo Lacerda (2007) e Assumpção (2013): aços ferríticos, austeníticos, martensíticos, aços inoxidáveis duplex (microestrutura combinada de ferrita e austenita) e os endurecíveis por precipitação.

Segundo Lacerda (2007) e Carbó (2001), os aços inoxidáveis austeníticos são ligas de Fe-Cr-Ni com teor de cromo entre 16 a 30% e possuem estrutura cristalina cúbica de face centrada (CFC). Esses aços são caracterizados por apresentar elevada resistência à corrosão em locais de atmosfera industrial ou em meios ácidos, mantendo a superfície brilhante e praticamente isenta de produtos de corrosão generalizada. Os aços inoxidáveis austeníticos são não magnéticos. Oferecem boa ductilidade e resistência a altas ou baixas temperaturas, além de boa trabalhabilidade e soldabilidade. Eles apresentam alto limite de escoamento, alto limite de

resistência à tração e bom alongamento, e por isso oferecem ótimas condições para trabalho a frio. (LACERDA, 2007; LOPES, 2009).

Dentre esses, pode-se citar o AISI304 que é o mais comum e o mais aplicado desta classe (BRAGA, 2011). Esse aço possui boa combinação de alta resistência à corrosão e conformação, além de possuir custos acessíveis. Entretanto, vale ressaltar que segundo Tussolini, *et al.* (2007) esse aço não resiste ao ácido clorídrico, ácido sulfúrico diluído e a meios de cloretos e haletos. Ademais, esse aço possui aplicação desde em tanques de transporte rodoviário de produtos líquidos até tubos flexíveis para exploração de petróleo, além de ser empregado também em sistemas de cozimento, evaporação e secagem de celulose.

Com relação à classe dos aços inoxidáveis duplex, esta possui uma microestrutura com proporções praticamente iguais de ferrita e austenita (TAVARES; *et al.*, 2006). Essa classe apresenta elevadas propriedades mecânicas, como resistência mecânica e soldabilidade, atreladas a uma boa resistência à corrosão e, por isso, é considerada bastante versátil. (LOUREIRO, 2010; SENTORE *et al.*, 2007). Vale ressaltar, que segundo Loureiro *et al.* (2010) quando comparado aos ferríticos e martensíticos esse aço apresenta alta tenacidade e ductilidade, e alta resistência a corrosão sob tensão e corrosão intergranular se comparado aos austeníticos.

Dessa classe destaca-se o AISI2205, também conhecido como UNS S31803. Esse aço é considerado um aço inoxidável duplex de média liga, que é a classe do duplex mais utilizada, o que justifica-se pelo fato dessas ligas apresentarem resistência à corrosão intermediária. (LOUREIRO, 2010). Conforme a *Aperam South America* o AISI2205 é utilizado por indústrias em tubos flexíveis para extração de petróleo, tanques para armazenagem de produtos químicos e equipamentos para o segmento de papel e celulose, e evaporadores, dutos e tanques de condução e armazenamento de material corrosivo.

Finalmente, vale ressaltar que para a utilização dos aços inoxidáveis AISI304 e o AISI2205, os mesmos geralmente passam por processos de conformação mecânica para adquirirem a forma desejada.

2.4 Dobramento

Os processos de conformação mecânica são processos que conferem formas às peças. Sendo que, um processo de conformação bastante utilizado é o da estampagem, pelo controle dimensional simplificado, versatilidade de formas, produtividade elevada e tempo reduzido de processamento (DIETER, 1981; BRESCIANI FILHO *et al.*, 2011). Com relação à

estampagem, pode-se afirmar que são operações de conformação de chapas metálicas a frio como: corte, dobramento, encurvamento e estampagem profunda, efetuadas na região plástica de deformação dos materiais. (MESQUITA; RUGANI, 1997; LOPES, 2009).

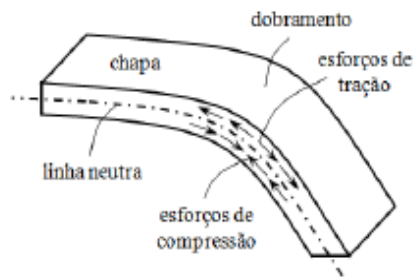
Dentre o processo de estampagem, o dobramento é uma das operações mais importantes, e pode representar uma etapa isolada de processamento do material, ou ser uma das etapas de deformação plástica em outros processos de conformação mecânica, logo, pode ocorrer de forma progressiva ou em operações individuais (SALES, 2013). A operação de dobramento consiste na deformação de chapas por flexão, onde prensas fornecem a energia e os movimentos necessários para realizar a operação. Sendo que, a forma desejada é conferida mediante o emprego de punção e matrizes (MESQUITA; RUGANI, 1997). Ainda, conforme Mesquita e Rugani (1997) nesse processo de conformação quatro fatores devem ser levados em consideração: a capacidade elástica do material, o raio interno mínimo da peça a ser dobrada, o comprimento desenvolvido da peça e as forças que atuam na operação de dobramento.

Vale ressaltar em relação ao raio interno da peça a ser dobrada, que um excessivo tracionamento provocado por um pequeno raio de dobramento pode levar ao rompimento da chapa dobrada. Pois quanto menor o raio de dobramento, maiores são as tensões desenvolvidas na região tracionada (MESQUITA; RUGANI, 1997). Assim, é fundamental que o dobramento ocorra com um raio superior ao interno mínimo da peça.

Adicionalmente, em relação às forças que atuam no processo de dobramento, como mostra a Figura 2, na região interna há atuação de esforços de compressão e na região externa esforços de tração. Esses esforços atuam ao longo de uma linha perpendicular à chapa, existindo um ponto no qual as tensões são nulas, o chamado ponto neutro. Sendo que, a união de todos os pontos neutros, considerando um corte feito pelo plano transversal da peça, é denominada linha neutra (BRESCIANI FILHO *et al.*, 2011).

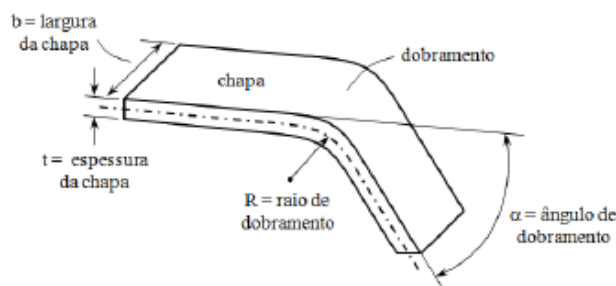
Finalmente, a Figura 3 exibe as características geométricas do processo de dobramento: largura, espessura da chapa, raio de dobramento e ângulo de dobramento.

Figura 2: Esforços atuantes e linha neutra no dobramento.



Fonte: Sales, 2013, p.44.

Figura 3: Dobramento de uma chapa e suas características geométricas.



Fonte: GARCIA *et al.*, 2000.

2. Materiais e métodos

Para realização desse estudo desenvolveu-se uma revisão bibliográfica seguida de ensaios em laboratório. Segundo Mattos (2015) a revisão da literatura é o processo de adquirir conhecimento sobre uma questão específica por meio da busca, análise e descrição do tema relacionado, portanto, por meio dessa revisão é possível fundamentar-se a respeito do conteúdo abordado e desenvolver senso crítico mais aprofundado sobre o mesmo. Já, os ensaios, conforme Lovison e Pacheco (2010), possibilitam a análise de propriedades, verificação do atendimento às especificações técnicas de produtos e projetos além de garantia da qualidade. Assim, por meio dos experimentos em laboratório pode-se investigar as propriedades e os comportamentos de dois aços amplamente utilizados na indústria com a finalidade de examinar as diferenças entre eles em relação à durabilidade de tubulações, máquinas e ferramentas, sujeitas a dobramento.

Para os ensaios em laboratório chapas tamanho A4, cedidas pela *Aperam South America*, dos aços AISI304 e AISI2205 de espessuras 1,00 mm e 1,20 mm, respectivamente. A composição química dos aços é encontrada, respectivamente, nas Tabelas 1 e 2, estas foram informadas pela própria fornecedora das chapas.

Tabela 1: Composição química das amostras de aço AISI304 (% mássica).

Elemento		Elemento	
C	0,0258	Cu	1,52
Mn	1,0344	Co	0,185
Si	0,3184	V	0,0442
P	0,0334	Nb	0,0099
S	0,0024	Ti	0,0022
Cr	18,1873	Sn	0,0046
Ni	8,0136	W	0,0197
Mo	0,0536	N ₂	270 ppm
Al	0,0042	O ₂	22 ppm

Fonte:

Aperam South America.

Tabela 2: Composição química das amostras de aço AISI2205

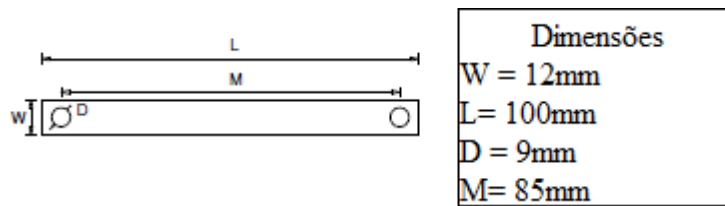
Elemento		Elemento	
C	0,0141	Cu	0,216
Mn	1,8305	Co	0,1175
Si	0,2714	V	0,0527
P	0,0286	Nb	0,0108
S	0,0008	Ti	0,0017
Cr	22,45	Sn	0,0027
Ni	5,4141	W	0,1102
Mo	2,6529	N ₂	1501 ppm
Al	0,0045	O ₂	29 ppm

Fonte:

Aperam South America.

Confeccionou-se dois corpos de prova de cada material, cortados nas dimensões representadas na Figura 4.

Figura 4: Representação esquemática dos corpos de prova.



Fonte: Próprio autor.

O raio de dobramento das chapas foi definido conforme a Equação 1 (ABNT NBR 7547, 1982) almejando as deformações alvo de 0,050 e 0,083, obtendo assim os dados encontrados na Tabela 5.

$$\varepsilon = \frac{e}{2r} \quad (1)$$

Onde: ε = deformação total;

e = espessura do corpo-de prova, em mm;

r = raio da curva, em mm.

Tabela 3: Raio de dobramento versus deformação resultante.

Aço	Raio de Dobramento	Deformação Resultante
AISI304	10 mm	0,050
	6 mm	0,083
AISI2205	12 mm	0,050
	7,23 mm	0,083

Fonte:

Próprio autor.

O ensaio foi realizado com ajuda de uma prensa hidráulica da marca *Worker*. Os cilindros utilizados para o dobramento das chapas foram confeccionados pelos autores, de acordo com os raios encontrados anteriormente.

Posteriormente realizou-se o cálculo do limite de escoamento (YS) e do limite resistência à tração (TS), utilizando as Equações 2 e 3 (MOTEFF; BHARGAVA; MCCULLOUGH, 1975; WU *et al.*, 2007) respectivamente.

$$YS = \frac{HV}{3} 0,1^n \quad (2)$$

$$TS = \frac{HV}{2,9} \left(\frac{n}{0,217} \right)^n \quad (3)$$

Onde, HV é o valor médio de dureza, e 'n' é o coeficiente de encruamento (AISI304=0,39; AISI2205=0,26, conforme Wu *et al.* (2007) e Moteff, Bhargava e Mccullough (1975)).

3. Resultados e Discussões

As chapas foram cortadas conforme as medidas supracitadas, obtendo perfis como observados na Figura 5, os mesmos procedimentos foram utilizados na confecção de todas as chapas, garantindo a padronização dos resultados.

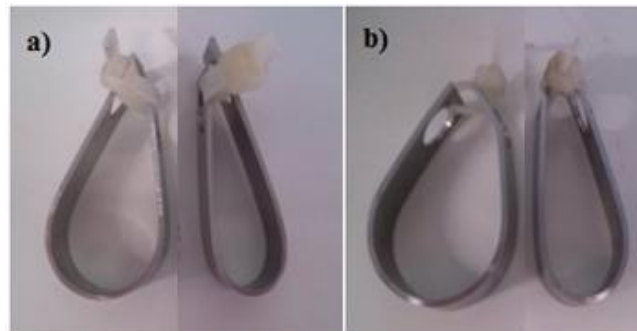
Figura 5: Representação dos corpos de prova do aço AISI304 (a) e AISI2205 (b).



Fonte: Próprio autor

Com auxílio da prensa e dos cilindros fabricados foram executados os dobramentos das tiras, sendo obtidas as formas exibidas na Figura 6.

Figura 6: Corpos de prova do AISI304 (a) e do AISI2205 (b) após o processo de dobramento.



Fonte: Próprio autor.

A partir das durezas encontradas foi calculado o limite de escoamento e o limite de resistência à tração, sendo que os dados finais encontrados listados na Tabela 6.

Tabela 6: Dados de limite de resistência à tração (TS) e limite de escoamento (YS).

Aço	Raio (mm)	HV (médio)	YS (kgf/mm ²)	YS (MPa)	TS (kgf/mm ²)	TS (MPa)
304	7,23	254 +/- 15	34,5	338,2	110,0	1079,5
	12	252 +/- 9	34,2	335,6	109,2	1071,0
2205	6	235 +/- 29	43,0	422,1	84,9	832,8
	10	196 +/- 11	35,9	352,0	70,8	649,6

Fonte: Próprio autor.

Realizando a razão entre os resultados obtidos em cada raio (YS_1/YS_2), obtêm-se os valores 1,0079 para o aço AISI304, e, 1,2820 para o aço AISI2205. Tais constantes apresentam o quanto deformações menores implicam no encruamento dos materiais, ou seja, no aumento da dureza.

Explorando tais resultados, tem-se que caso o equipamento sofra um dobramento inesperado, o aço AISI304 manteria suas condições mais próximas das ideais de trabalho, perante a tensão de escoamento e a resistência à tração, impactando menos nas funções planejadas para o produto. Já o aço 2205 sofreria maior impacto em suas características, podendo ocasionar falhas no sistema, ou até mesmo arriscar a segurança de operadores.

A amplitude relevante de variação da dureza para o aço 2205, indica a vulnerabilidade do aço para operações onde o mesmo está sujeito à dobramentos inesperados com raios pequenos, visto que suas propriedades sofrem alterações consideravelmente superiores se comparado ao AISI304. Ou seja, indica-se que o AISI2205 seja utilizado em ambientes com maior controle, se comparado ao AISI304. Assim, o aço AISI304 pode ser aplicado em ambientes sujeitos a maiores variabilidades (como queda de ferramentas, ou colisões com pequenas áreas), logo, é um aço que proporciona uma maior confiabilidade para sistemas de baixo controle.

Analisando os resultados encontrados sob tal ótica da manutenção preventiva, que busca fatores que impliquem na necessidade da substituição preventiva de parte de um sistema, como por exemplo: caso um tubo sofra impacto de uma ferramenta, ocasionando uma dobra no tubo; é interessante para empresa que a manutenção seja capaz de avaliar se, tal conformação, afetará significativamente as propriedades mecânicas do tubo, e, portanto, se este estará fora da especificação de trabalho. Tem-se que as propriedades do AISI2205 sofreram alterações mais significantes, que as alterações observadas no AISI304, logo a conformação sofrida nesse último não provoca a necessidade de substituição precoce.

Todavia, a maior variação dos parâmetros observados no AISI2205, apontam que este material pode infringir mais facilmente especificações do projeto.

4. Considerações Finais

A partir dos resultados encontrados foi possível constatar que processos de conformação como o dobramento influenciam nas propriedades mecânicas dos aços AISI304 e AISI2205 e que uma conformação mecânica inesperada (como impacto de uma carga no equipamento) pode interferir no desempenho dos equipamentos que fazem uso desses aços de maneira a interferir na continuidade do uso de tais instrumentos e conseqüentemente na necessidade de manutenção.

Nas condições estudadas, o aço AISI304 demonstrou, portanto, uma maior confiabilidade para a manutenção preventiva se comparado ao aço AISI2205. Vale ressaltar, que não se descartam as aplicações específicas de ambos os aços, visto que outras características intrínsecas de cada aço não foram abordadas (como resistência à corrosão e fadiga), entretanto denota-se que para aplicações de menor controle do processo, o aço AISI304 demonstra ser mais aplicável. Ou seja, para as situações estudadas o AISI304 demonstra ser mais seguro que o AISI2205, apesar de sua confiabilidade ter sido comprometida perante sua especificação original.

Finalmente, vale ressaltar que esse estudo não esgota os questionamentos sobre o tema proposto e assim, como sugestão de trabalhos futuros tem-se a análise e comparação da influência do processo de conformação em propriedades mecânicas como dureza, limite de escoamento e de resistência a tração desses aços, visto que, a divergência do comportamento dos aços abre margem para questionamentos sobre o tema proposto e alargam o roteiro para o conhecimento e estudos futuros.

5. Referências

ABNT NBR. **Preparação e emprego de corpos-de-prova dobrados em U para ensaio de corrosão sob tensão de metais.** 1982.

ALVES, J. O.; SAEDLOU, S. O. B.; OLIVEIRA, T. R. Análise De Falhas Em Tubulação Do Pré-Aquecedor De Ar Da Caldeira De Uma Usina Sucroalcooleira. **Tecnologia em materiais, metalurgia e mecânica**, São Paulo, v. 3, n. 11, p. 216-221, jul/set 2014.

APERAM SOUTH AMERICA (APERAM). Disponível em: <http://brasil.aperam.com/wp-content/uploads/2015/11/Duplex-UNS-32205-31803-----A--o-Inoxid--vel-Duplex.pdf> . Acesso em: 18 de fev de 2016.

APERAM SOUTH AMERICA (APERAM). Disponível em:
http://www.aperam.com/uploads/stainlesseurope/TechnicalDataSheet/FT%20Duplex/Anglais/FT_DX2205_UK.pdf. Acesso em: 18 de fev de 2016.

ASSUMPÇÃO, R.L.de. **Resistência à corrosão da camada martensítica formada na superfície do aço inoxidável ferrítico 409 tratado por shtpn.** Dissertação de Mestrado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Curitiba, 2013. 70p.

BRAGA T.M.T. **Efeito de entalhe e de meios cloretados na corrosão sob tensão de um aço inoxidável ABNT 304.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto, UFOP, Ouro Preto, 2011. 71p.

BRESCIANI FILHO, E.; SILVA, I. B.; BATALHA, G. F.; BUTTON, S. T. **Conformação plástica dos metais.** 6 ed. Campinas: EPUSP, 2011. 258p.

CALLISTER, W. D. J. **Ciência e Engenharia dos Materiais: Uma Introdução.** Tradução de S. M. S. Soares. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 705 p.

CARBÓ, H. M., Aço Inoxidável. **Aplicações e Especificação.** Acesita S.A, 2001.

CARVALHO, M.A.N., Módulo Geral: **Catálogo de Produtos Inox da Acesita, Seminário Inox 2000,** Roças Novas-MG, 2000.

DIETER, G. E. **Metalurgia mecânica.** 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1981. 653p.

FINŠGAR, M.; JACKSON, J. Application of corrosion inhibitors for steels in acidic media for the oil and gas industry: A review. **Corrosion Science**, n. 86, p. 17-41, 2014.

FORSÉN, O.; AROMAA, J.; TAVI, M. Corrosion Resistance Of Different Materials In Dilute Ammonium Chloride-Bearing Environments. **Corrosion Science**, n. 35, p. 297-301, 1993.

GARCIA-ARRIAGA, V.; ALVAREZ-RAMIREZ, J.; AMAYA, M.; SOSA, E.. H₂S and O₂ influence on the corrosion of carbon steel immersed in a solution containing 3 M diethanolamine. **Corrosion Science**, v. 52, p. 2268-2279, 2010.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio; BARONI, Tarcísio. **Gestão da Manutenção e Técnicas Preditivas.** Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark: ABRAMAN, 2002.

LACERDA, J.C.de. **Efeito do aporte térmico e adição de nitrogênio no gás de proteção na transição dúctil-frágil de um aço inoxidável AISI409 soldado pelo processo GMAW.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto, UFOP, Ouro Preto, 2007. 104p.

LOPES, W. **Estudo do encruamento dos aços AISI304 e AISI409 com uso da técnica de cisalhamento planar simples.** Tese de Doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Belo Horizonte, 2009. 207p.

LOUREIRO, J.P. **Caracterização do aço inoxidável duplex UNS S31803 pela técnica não destrutiva de correntes parasitas pulsadas.** Projeto de Graduação. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2010. 101p.

MANFRINATO, M. D., **Influência da nitretação a plasma no comportamento em fadiga dos aços inoxidáveis austeníticos AISI304 e 316.** Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2006. 134p

MESQUITA, E. L. A.; RUGANI, L. L. **Estampagem dos aços inoxidáveis.** ACESITA S. A., 1997.

MOTEFF, J.; BHARGAVA, R. K.; McCULLOUGH, W. L. Correlation of the Hot-Hardness With the Tensile Strength of 304 Stainless Steel to Temperatures of 1200. **Metallurgical transactions**. Volume 6a, 1975. 1101-1104p.

PACAIOVA, H.; GLATZ, J. Maintenance Management System. **MM Science Journal**, 2015.

PINTO, D.F. **Comportamento em corrosão sob tensão de um aço inoxidável ferrítico AISI444 soldado com aço inoxidável austenítico AISI316LSi em meio contendo cloretos**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto, UFOP, Ouro Preto, 2006. 127p.

QUEIROZ, L. M. A. Planejamento E Controle Da Manutenção Aplicados Ao Processo De Manufatura No Ramo Alimentício. **XXXV Encontro Nacional De Engenharia De Produção**, Fortaleza, 2015.

SALES, V. **Análise do comportamento dos aços inoxidáveis AISI304 e SAF 2205 em diferentes condições de dobramento**. Dissertação de Mestrado. CEFET-MG. Belo Horizonte, 2013. 116p.

SENATORE, M. ; FINZETTO L.; PEREA E. Estudo comparativo entre os aços inoxidáveis dúplex e os inoxidáveis AISI304L/316L. **REM: R. Esc. Minas**, Ouro Preto, 60(1): 175-181, jan. mar. 2007

TAVARES, S. S. M.; CASTRO, J. L.G.; CÔRTE, R. R. A.; SOUZA, V. M.; PARDAL J.M. Detecção de pequenos teores de fase sigma e avaliação dos seus efeitos na resistência à corrosão do aço inoxidável duplex uns s31803. **ENGEVISTA**, v. 8, n. 2, p. 77-82, dezembro 2006.

TUSSOLINI, M.; SPAGNOL, C.; GOMES, E. C.; CUNHA, M. T.; RODRIGUES, P. R. P. Estudo do comportamento eletroquímico do benzotriazol e benzimidazol na oxidação do aço inoxidável tipo ABNT 30. **REM: R. Esc. Minas**, Ouro Preto, 41-44p. 2007.

SHIN, C. S.; HSU, S. H. Fatigue Life Extension By An Artificially Induced Retardation Mechanism. **Engineering Fracture Mechanics**, v. 4, n. 43, p. 677-684, 1992.

SUZUKI, Torkutaro. TPM em indústrias de processo. **Portland: Productivity Press**, 1994.

WU, Chia-Chang; WANG, Shing-Hoa; CHEN, Chih-Yuan; YANG, Jer-Ren; CHIU, Po-Kay; FANG, Jason. Inverse effect of strain rate on mechanical behavior and phase transformation of superaustenitic stainless steel. **Scripta Materialia**. 2007. 717-720p.

Agradecemos à todos os colaboradores desta publicação:
Programa de Iniciação Científica da CNPq - PIBIC
Universidade Federal de Itajubá - campus Itabira
Curso de Engenharia de Produção da UNIFEI campus Itabira