

Otimização de matéria prima para tubos galvanizados: um estudo de caso

Jailson Michels (UDESC) jailsonmichels@gmail.com
Alexandre Borges Fagundes (UDESC) alexandre.fagundes@udesc.br
Delcio Pereira (UDESC) delcio.pereira@udesc.br
Fernanda Hänsch Beuren (UDESC) fernanda.beuren@udesc.br
Débora Barni de Campos (UDESC) debora.campos@udesc.br

Resumo:

O presente artigo foi desenvolvido com o objetivo de aprofundar o conhecimento envolvendo as normas de galvanização de tubos, analisando as características dos tubos galvanizados em aspectos físicos e conhecendo melhor os efeitos das variações de espessuras, para estabelecer a melhor combinação dos mesmos. Contribuindo no desenvolvimento de melhorias para redução da variação de peso nos tubos galvanizados fabricados por uma empresa Catarinense do ramo metal mecânico, em concordância com as normas de condução e eletrodutos. Através dos estudos realizados foi possível chegar a conclusões sobre os fatores mais relevantes envolvidos no processo, podendo assim determinar o melhor ajuste destes para a obtenção de melhores resultados. Mediante este estudo foi verificada a possibilidade de otimizar a matéria prima utilizada, empregando, para isso, um investimento relativamente baixo – ou nulo, em alguns casos – por meio da redução da espessura das chapas adquiridas para a confecção dos tubos, bem como das tolerâncias dimensionais das mesmas, refletindo em maior controle e aumento da qualidade dos produtos produzidos.

Palavras chave: Galvanização; Matéria prima; Normas.

Optimization of raw material for galvanized pipes: a case study

Abstract:

This article was developed in order to increase knowledge involving tubes galvanizing standards, analyzing the characteristics of galvanized pipes in physical aspects and better knowing the effects of variations in thickness to establish the best combination of them. Contributing to the development of improvements to reduce weight variation in galvanized pipes manufactured by a company in Santa Catarina mechanical metal industry, in accordance with the standards of conduct and conduits. Through of the studies it was possible to reach conclusions about the most important factors involved in the process and can thus determine the best fit these to achieve better results. Through this study it was verified the possibility to optimize the raw material used, employing for this a relatively low investment - or zero in some cases - by reducing the thickness of the sheets acquired for the manufacture of pipes as well as the tolerances dimensional thereof, resulting in greater control and increased quality of products produced.

Key-words: Electroplating; Raw material; Standards

1. Introdução

O mercado atual apresenta constantes alterações em relação a demanda por produtos, e isto contribui para o crescimento da competitividade das empresas. A sobrevivência das mesmas depende fundamentalmente do fortalecimento da sua capacidade de promover mudanças rápidas, onde a constante busca pela otimização de recursos e a excelência dos seus produtos

tem como prioridade o comprometimento a estar à altura das novas exigências de seu cliente/consumidor. Para atender tais exigências são necessárias revisões de produtos existentes, mudanças de modelos e dedicação ao lançamentos de novos produtos (PARANHOS FILHO, 2007).

Dentro da atual realidade de competitividade global, os enfoques estratégicos sobre o processo produtivo, para se prospectar uma boa vantagem competitiva, devem entender o controle dos custos como parte fundamental para o sucesso do empreendimento. Neste sentido, a melhoria da qualidade torna-se um meio para a redução dos custos e aumento da produtividade (PARANHOS FILHO, 2007).

Considerando este cenário, em função da variação da massa dos tubos produzidos numa empresa Catarinense do ramo metal mecânico, identificou-se uma oportunidade de melhoria envolvendo normas de condução e eletrodutos. Uma vez que essa variabilidade – como consequência da oscilação da espessura da matéria prima para a fabricação dos mesmos (chapas planas) – trazia como desdobramento a perda da competitividade da empresa devido aos custos maiores envolvendo produtos vendidos “por unidade”.

Nesse sentido, a utilização de matéria prima com espessura restrita apresentou-se como uma possível alternativa a ser adotada, motivando a execução deste trabalho, por meio da análise do custo de implementação das espessuras a serem utilizadas – conforme normas – e com isso o ganho na redução de massa, gerando expectativas de bons resultados.

2. Galvanização a fogo

Galvanização a fogo (também conhecida como galvanização a quente) está entre as técnicas mais utilizadas para a proteção do aço contra a corrosão, aumentando a sua vida útil quando exposta à ação do tempo ou agente corrosivo (PANNONI, 2015).

A galvanização a fogo pode ser encontrada em vários tipos de aplicação e indústrias onde o aço é alocado. Indústrias de todos os tipos de ramos como celulose, processos químicos, construção civil e outras, têm feito grande uso da galvanização no controle da corrosão (PANNONI, 2015).

2.1. Processo produtivo da galvanização

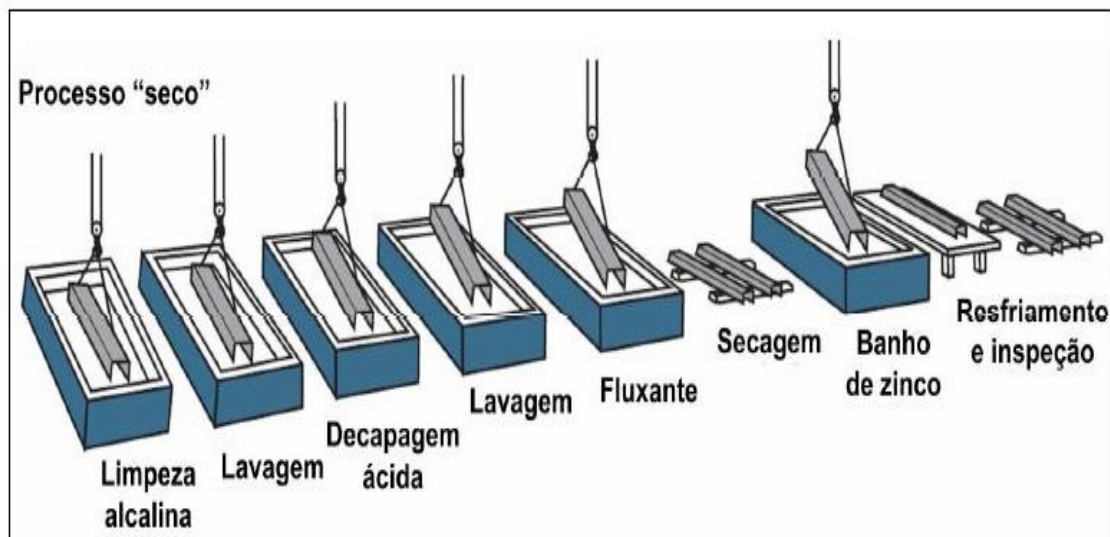
O Processo de galvanização consiste em um mecanismo de recobrir um metal com outro, nesse caso o zinco, com o objetivo de proteger a peça contra a corrosão, aumentando a sua vida útil quando exposta à ação do tempo ou agente corrosivo. Para a obtenção de um resultado melhor, a peça deve estar com a superfície totalmente isenta de substâncias estranhas à solução ferro-zinco, o que poderia transforma-se em um revestimento indesejado. Todavia, muitos desses elementos têm sua origem na produção da matéria-prima, ou nos processos de fabricação das peças; muitas vezes, no próprio manuseio, transporte e/ou estocagem (PANNONI, 2015).

Nas peças a serem galvanizadas podem ser encontradas várias composições químicas e as condições da superfície podem conter inúmeros contaminantes como: tintas, óleos, graxas, pontos de corrosão. Nestes casos o revestimento não se formará, e o resultado esperado não será o desejado (ALMEIDA, 2010).

Para isto antes que a peça receba uma camada de zinco, é preciso fazer uma limpeza, a fim de eliminar qualquer óxido e outras substâncias da superfície, que possam reagir com o banho de zinco (PANNONI, 2015).

2.2. Etapas para galvanização

O processo de galvanização pode ser dividido em nove etapas: Limpeza alcalina, Lavagem, Decapagem ácida, Lavagem, Fluxagem, Secagem, Banho de zinco, Resfriamento e inspeção, conforme ilustra a Figura 1.



Fonte: Pannoni (2015)

Figura 1 - Fluxo do processo de galvanização

Uma descrição sumária de cada etapa é apresentada a seguir:

- Limpeza alcalina: é a etapa de limpeza a fim de remover resíduos orgânicos, ou seja, remoção de óleos, graxas e outros tipos de sujeiras provenientes do processo. Realizada em banho alcalino em solução aquosa a quente, cujos componentes são quase sempre carbonatos, fosfatos, silicatos, hidróxidos alcalinos inorgânicos e alguns compostos orgânicos. Para o desengraxe de superfícies ferrosas, a alcalinidade deve ser alta (pH em torno de 12). A temperatura utilizada aproximada é de 85°C e o tempo de imersão varia de 1 a 20 minutos, dependendo do grau da contaminação no material (PORTAL DA GALVANIZAÇÃO, 2016);
- Lavagem: após as peças saírem da limpeza alcalina, são imersas em um tanque com água para retirada restos de contaminantes provenientes do processo anterior, evitando a contaminação do ácido de decapagem;
- Decapagem ácida: é a operação que consiste na imersão das peças em banhos de soluções ácidas, tem como função remover da superfície do aço óxidos presentes. Normalmente utiliza-se solução de ácido clorídrico de 15% a 18% HCl, em temperatura ambiente (PORTAL DA GALVANIZAÇÃO, 2016);
- Lavagem: após as peças saírem da limpeza alcalina, são imersas em um tanque com água para retirada de restos de contaminantes provenientes do processo anterior, evitando a contaminação do tanque de fluxagem;
- Etapa de fluxagem: é a operação que proporciona à peça uma superfície quimicamente pura, consiste em colocar o material em contato com uma camada de sal de fluxo fundido (fluxante), no momento da imersão das peças no banho de zinco a película de fluxo sublima e leva consigo as impurezas dissolvidas. Normalmente são utilizados sais duplos de cloreto de zinco ($ZnCl_2$) e cloreto de amônia (NH_4Cl), concentrado entre 5 a 30%, em temperaturas entre 65 a 100°C (PORTAL DA GALVANIZAÇÃO, 2016);

➤ Etapa de secagem: consiste em diminuir o choque térmico das peças, precavendo contra respingos de zinco que ocorrem durante a imersão da peça no zinco fundido. Para um bom aquecimento da peça, é necessário que a estufa esteja com uma temperatura em torno de 150 °C, no qual será possível uma temperatura de 110°C nas peças (PORTAL DA GALVANIZAÇÃO, 2016);

➤ Etapa de Galvanização (banho de zinco): essa etapa consiste na imersão do material em uma cuba de zinco fundido a uma temperatura média de 450°C, num período normal de imersão de um a dois minutos (ALMEIDA, 2010), pois esse tempo influencia diretamente a espessura de camada de zinco, quanto maior o tempo de imersão, maior será a espessura da camada, até determinado limite, passando a ocorrer estabilidade (PANNONI, 2015);

➤ Etapa resfriamento e inspeção: após a retirada do material do banho de zinco, é necessário a passivação da superfície, esse processo tem como finalidade retardar o aparecimento da oxidação branca (capa protetora em torno de 0,5µm de cromato de zinco insolúvel), esse processo também é responsável pelo resfriamento das peças, para em seguida serem inspecionadas (PANNONI, 2015).

3. Normas de tubos galvanizados

Considerando as principais normas para tubos galvanizados, abordando diferentes aplicações, podem ser citadas:

- ABNT NBR 5580/2015: Tubos de aço carbono para usos comuns na condução de fluídos;
- ABNT NBR 5590/2015: Tubos de aço-carbono com ou sem solda longitudinal, pretos ou galvanizados;
- ABNT NBR 5597/2013: Eletrodutos de aço com revestimento protetor e rosca NPT;
- ABNT NBR 5598/2013: Eletrodutos de aço-carbono e acessórios, com revestimento protetor e rosca BSP.

A seguir, serão abordadas em maiores detalhes as normas ABNT NBR 5580/2015 e 5598/2013, em função da aplicabilidade das mesmas aos produtos que originaram a proposta deste estudo.

A norma ABNT NBR 5580/2015 – Tubos de aço carbono para usos comuns na condução de fluídos – determina, conforme o requisito 4.3.2.3, que a espessura de parede mínima não pode estar em nenhum ponto do tubo, mais que 12,5% abaixo da espessura nominal especificada; e conforme requisito 4.3.3, as tolerâncias de massa estão definidas conforme apresentado na Tabela 1.

Classe	Tubos individuais ou lotes menores que 10 t	Lotes maiores que 10 t
Pesada Média Leve	±10%	±7,5%

Fonte: ABNT NBR 5580/2015 (ABNT, 2015a)

Tabela 1 - Tolerância na massa por metro

A norma ABNT NBR 5598/2013 – Eletrodutos de aço-carbono e acessórios, com revestimento protetor e rosca BSP – especifica, conforme o requisito 4.5.2, que a espessura de parede mínima não pode estar em nenhum ponto do tubo, mais que 12,5% abaixo da espessura nominal especificada; e conforme requisito 4.5.4. A massa teórica é dada pela Tabela 2.

Diâmetro nominal DN	Espessura nominal de parede (mm)	Massa teórica dos eletrodutos revestimento de zinco (Kg/m)
15mm (1/2")	2,25	1,093
20mm (3/4")	2,25	1,414
25mm (1")	2,65	2,088
32mm (1 1/4")	2,65	2,673
40mm (1 1/2")	3,00	3,437
50mm (2")	3,00	4,347
65mm (2 1/2")	3,35	6,147
80mm (3")	3,35	7,229
100mm (4")	3,75	10,431

Fonte: ABNT NBR 5598/2013 (ABNT, 2013b)

Tabela 2 – Dimensões e massa teórica dos eletrodutos

A Tabela 2 apresenta a massa teórica para cada diâmetro nominal especificado pela norma. Entre a massa real e a teórica, são admitidas variações, para menos, de até 10%, não sendo limitadas as variações para mais (ABNT, 2013b).

4. Metodologia

A metodologia aqui apresentada caracteriza-se por ser um estudo de caso, objetivando consolidar os principais materiais bibliográficos e técnicos, que orientaram e subsidiaram o presente trabalho. Tendo como principal objetivo o auxílio no entendimento da aplicação de matéria prima com espessura restrita em tubos galvanizados.

Identificaram-se as normas de tubos galvanizados, em seguida foram realizados estudos acerca dessas normas quanto às tolerâncias de espessuras e massas, bem como a disponibilidade para a aplicação da matéria prima com espessura restrita, sendo selecionadas as que se mostraram de maior interesse para servirem de fontes de informações para a pesquisa.

Estabeleceu-se, por fim, um método de cálculo comparativo, buscando evidenciar a melhor condição por meio das inter-relações entre a identificação da oportunidade de melhoria, normas pertinentes e capacidade técnica dos fornecedores, visando também ser útil para pesquisadores da área em sua prática diária.

5. Resultados e Discussão

Tubos galvanizados tem um grande valor agregado, baseado nisso, o estudo apresentado neste artigo teve como finalidade a alteração na matéria prima de tubos galvanizados fornecidos nas normas de condução e eletrodutos, sendo o objetivo principal reduzir a massa desses tubos, principalmente para os tubos faturados “por unidade”. Considerando que a matéria prima é comprada por quilo, se houver uma grande variabilidade na espessura da mesma,

consequentemente aumenta a variabilidade na massa dos tubos galvanizados, podendo acarretar em perdas no faturamento.

A matéria prima utilizada atualmente tem a variação de espessura, conforme norma de fornecimento de bobinas ABNT NBR 11888/2015 – Bobinas e chapas finas a frio e a quente de aço carbono e de aço de baixa liga e alta resistência. Esta norma permite que haja variações de espessura de parede tanto abaixo quanto acima da espessura nominal fornecida (ABNT, 2015). Assim sendo, essa variação pode acarretar no aumento de alguns décimos na espessura final dos tubos no processo de galvanização.

Uma alternativa tecnicamente plausível para contornar essa condição desfavorável seria considerar a utilização de matéria prima com espessura restrita – com tolerâncias acima da cota nominal – mais conhecida no meio metal mecânico como espessuras *Mean To High* (MTH). Essas espessuras variam apenas acima da dimensão nominal, ficando bem próximas das variações de espessuras mínimas permitidas nas normas de condução de fluídos ABNT NBR 5580/2015 e eletrodutos ABNT NBR 5598/2013.

As Tabelas 3 e 4 apresentam dados extraídos das referidas normas (DN, Espessura nominal de parede, Variação de espessura, Peso nominal barra 3m), da empresa pesquisada (MP utilizada), de fornecedores de matéria prima (MP proposta) e os cálculos efetuados para “Peso barra 3m para nova espessura” e “Diferença % de peso entre espessuras”.

Norma	DN	Espessura nominal de parede (mm)	Variação de espessura (mm)		MP utilizada (ABNT NBR 11888)	MP proposta	Peso nominal (Kg) barra 3m	Peso barra 3m para nova espessura	Diferença % de peso entre espessuras
			Mínimo	Máximo					
ABNT NBR 5598	15	2,25	1,97	-	2,25	2,10 MTH	3,297	2,983	9,52
	20	2,25	1,97	-	2,25	2,10 MTH	4,266	3,849	9,77
	25	2,65	2,32	-	2,65	2,35 MTH	6,292	5,693	9,52
	32	2,65	2,32	-	2,65	2,35 MTH	8,056	7,273	9,72
	40	3,00	2,63	-	3,00	2,65 MTH	10,353	9,251	10,64
	50	3,00	2,63	-	3,00	2,65 MTH	13,096	11,683	10,79
	65	3,35	2,93	-	3,35	3,00 MTH	18,536	16,730	9,74
	80	3,35	2,93	-	3,35	3,00 MTH	21,768	19,633	9,81
	100	3,75	3,28	-	3,75	3,35 MTH	31,401	28,231	10,10

Fonte: autoria própria, com base nos dados da pesquisa

Tabela 3 – Demonstração da nova proposta, considerando as normas ABNT NBR 5598 e 11888 e espessuras Mean To High

Norma	DN	Espessura nominal de parede (mm)	Variação de espessura		MP utilizada (ABNT NBR 11888)	MP proposta	Peso nominal (Kg) barra 6m	Peso barra 6m para nova espessura	Diferença % de peso entre espessuras
			Mínimo	Máximo					
ABNT NBR 5580	15	2,25	1,97	-	2,25	2,10 MTH	6,637	6,263	5,64
	20	2,25	1,97	-	2,25	2,10 MTH	8,588	8,090	5,80
	25	2,65	2,32	-	2,65	2,35 MTH	12,655	11,386	10,03
	32	2,65	2,32	-	2,65	2,35 MTH	16,201	14,546	10,22
	40	3,00	2,63	-	3,00	2,65 MTH	20,809	18,606	10,59
	50	3,00	2,63	-	3,00	2,65 MTH	26,322	23,497	10,73
	65	3,35	2,93	-	3,35	3,00 MTH	37,237	33,625	9,70
	80	3,35	2,93	-	3,35	3,00 MTH	43,729	39,459	9,76
	90	3,75	3,28	-	3,75	3,35 MTH	55,808	50,221	10,01
	100	3,75	3,28	-	3,75	3,35 MTH	63,051	56,712	10,05

Fonte: autoria própria, com base nos dados da pesquisa

Tabela 4 - Demonstração da nova proposta, considerando a norm ABNT NBR 5580 e 11888 e espessuras Mean To High

Em análise às Tabelas 3 e 4, podem ser percebidos alguns aspectos importantes que nortearam a decisão de implementação da matéria prima com espessura restrita no presente estudo de caso. A diminuição da massa apresenta-se de maneira considerável em alguns diâmetros, podendo chegar, em alguns casos, a uma redução de quase 11% da massa do tubo.

Para este estudo, foram levantadas – em consulta a dois fornecedores de matéria prima – as espessuras e tolerâncias que os mesmos teriam capacidade de atender, bem como o acréscimo percentual no custo desses materiais, em relação aos valores praticados quanto às matérias primas empregadas atualmente. Essas informações são elencadas na Tabela 5.

Espessura (mm) Matéria Prima	Variação de espessura Fornecedor 1	Acréscimo % R\$ na compra da matéria prima	Variação de espessura Fornecedor 2	Acréscimo % R\$ na compra da matéria prima
2,10 MTH	-0,00 / +0,18 mm	5%	-0,00 / +0,20 mm	5%
2,35 MTH	-0,00 / +0,18 mm	5%	-0,00 / +0,20 mm	5%
2,51 MTH	-0,00 / +0,20 mm	2%	-0,00 / +0,20 mm	5%
2,65 MTH	-0,00 / +0,20 mm	2%	-0,00 / +0,26 mm	2%
2,80 MTH	-0,00 / +0,20 mm	2%	-0,00 / +0,26 mm	2%
3,00 MTH	-0,00 / +0,20 mm	2%	-0,00 / +0,26 mm	2%
3,35 MTH	-0,00 / +0,20 mm	2%	-0,00 / +0,22 mm	2%
3,51 MTH	-0,00 / +0,20 mm	0%	-0,00 / +0,26 mm	0%
3,75 MTH	-0,00 / +0,20 mm	0%	-0,00 / +0,22 mm	0%
4,00 MTH	-0,00 / +0,20 mm	0%	-0,00 / +0,22 mm	0%
4,25 MTH	-0,00 / +0,20 mm	0%	-0,00 / +0,25 mm	0%
4,50 MTH	-0,00 / +0,20 mm	0%	-0,00 / +0,25 mm	0%
4,75 MTH	-0,00 / +0,23 mm	0%	-0,00 / +0,28 mm	0%
5,00 MTH	-0,00 / +0,23 mm	0%	-0,00 / +0,28 mm	0%
5,25 MTH	-0,00 / +0,23 mm	0%	-0,00 / +0,28 mm	0%

Fonte: autoria própria, com base nos dados da pesquisa

Tabela 5 - Espessuras nominais, variações Mean To High e acréscimo no valor por espessura

Conforme apresentado na Tabela 5, para algumas espessuras *Mean To High* há um acréscimo no valor de compra da matéria prima. No entanto, algumas dessas espessuras têm um volume de produção bastante elevado, possibilitando, em função disso, uma margem de negociação envolvendo os valores pretendidos.

Observa-se ainda, na Tabela 5, que o Fornecedor 1 trabalha com menores variações de espessuras que o Fornecedor 2, podendo contribuir significativamente na redução da massa final dos tubos galvanizados, podendo potencializar o retorno financeiro com a sua escolha.

6. Considerações Finais

O artigo apresentou os principais conceitos no que tange galvanização e também uma forma de cálculo para a implementação da utilização de matéria prima com espessura restrita em tubos galvanizados fornecidos nas normas de condução ABNT NBR 5580/2015 e de eletrodutos ABNT NBR 5598/2013.

Deste modo, verifica-se que a adoção deste estudo traz como vantagem a redução da variabilidade na espessura das matérias primas (chapas planas), com isso reduzindo a variabilidade na massa dos tubos, minimizando o risco de possíveis perdas futuras de tubos galvanizados faturados “por unidade”, pois neste caso quanto maior a massa, maior será a perda.

Pelo conteúdo explanado, pode-se perceber a relevância da utilização da matéria prima com espessura restrita para a finalidade pretendida, e que, com a correta execução de métodos comparativos – envolvendo a normalização pertinente – pode-se alcançar melhores resultados, abarcando considerações técnicas e econômicas, subsidiando a melhoria da qualidade de seus produtos e consequentemente a competitividade da empresa.

Referências

- ABNT.** ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 11888: Bobinas e chapas finas a frio e a quente de aço carbono e de aço de baixa liga e alta resistência*. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- ABNT.** ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 5580: Tubos de aço carbono para usos comuns na condução de fluidos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2015a.
- ABNT.** ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 5590: Tubos de aço-carbono com ou sem solda longitudinal, pretos ou galvanizados*. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- ABNT.** ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 5597: Eletrodutos de aço revestimento protetor e rosca NPT*. Rio de Janeiro: ABNT, 2013a.
- ABNT.** ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 5598: Eletrodutos de aço-carbono e acessórios, com revestimento protetor e rosca BSP*. Rio de Janeiro: ABNT, 2013b.
- ALMEIDA, MARCELO.** *Galvanização por imersão a quente*. Tratamento de Superfície, nº 163, p. 34-40, 2010. Disponível em: <<http://www.abts.org.br/revista-visualizar.asp?id=20&edicao=163>>. Acesso em: 15 Set. 2016.
- PANNONI, FABIO DOMINGOS.** *Princípios da galvanização a fogo*. 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/266345339_Principios_da_Galvanizacao_a_Fogo>. Acesso em: 15 Set. 2016.
- PARANHOS FILHO, MOACYR.** *Gestão da produção industrial*. Curitiba, PR: IBPEX, 340p. 2007.
- PORTAL DA GALVANIZAÇÃO.** *Fluxograma de um processo de galvanização a fogo*. Disponível em: <<http://www.icz.org.br/portaldagalvanizacao/galvanizacao-fluxograma-de-um-processo-de-galvanizacao-a-fogo.php>>. Acesso em: 15 Set. 2016.