



## **Avaliação da Reutilização de Efluente do Processo de Vibro-Acabamento de uma Empresa Metalúrgica.**

**Josimar Sartori<sup>1</sup>, Tomás Augusto Polidoro<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>UCS – Universidade de Caxias do Sul ([tapolido@ucs.br](mailto:tapolido@ucs.br))

### **Resumo**

Este trabalho apresenta a análise da eficiência do tratamento físico-químico do efluente proveniente do processo de vibro-acabamento de uma empresa metalúrgica, onde foram utilizados três diferentes tipos de coagulantes, sendo eles o cloreto férrico, sulfato de alumínio e tanino. A partir de *jar-test*, determinaram-se as quantidades a serem utilizadas de cada coagulante, que foram 6 ml de cloreto férrico, 5 ml de sulfato de alumínio e 8 ml de tanino. A reutilização foi aplicada em duas bateladas, sendo realizado o tratamento do efluente após o primeiro e segundo ciclo de reuso. A qualidade dos efluentes tratados foi avaliada através dos parâmetros DQO, presença de surfactantes, óleos e graxas totais, sólidos sedimentáveis totais, turbidez e nitrogênio total kjeldahl. As peças, após passarem pelo vibro-acabamento com a água tratada, foram pintadas e a aderência da pintura foi avaliada conforme a Norma NBR 11.003:2009. Como resultado obteve-se ótimos valores para óleos e graxas, onde a diminuição foi de 87,6% com o cloreto férrico e 100% para o sulfato de alumínio e tanino. Para a remoção na turbidez, a remoção foi de 97,3% para o cloreto férrico, 99,4% para o sulfato de alumínio e 98,7% para o tanino. A avaliação da pintura foi o teste final para determinar a possibilidade ou não de reutilizar o efluente tratado no processo, sendo que todas as amostras foram aprovadas.

Palavras-chave: Vibro-acabamento. Cloreto férrico. Sulfato de alumínio. Tanino.

Área temática: Águas residuárias.

## **Evaluation of effluent reuse of vibratory finishing process of a metal company.**

### **Abstract**

*This paper presents the analysis of the physico-chemical treatment of effluent efficiency of the process of vibro-finishing a metal company, where three different types of coagulants were used, namely ferric chloride, aluminum sulfate and tannin. From jar-test determined whether the amounts to be used of each coagulant, which were 6 ml of ferric chloride, 5 ml of aluminum sulfate and 8 ml of tannin. Reuse was applied in two batches, and carried out the treatment of the effluent after the first and second reuse cycle. The quality of the treated effluent was evaluated by the COD parameters, presence of surfactants, oils and greases total, total sedimented solids, turbidity, and total nitrogen kjeldahl. The parts, after passing through vibro-finishing with the treated water, were painted and the paint adhesion was evaluated according to the NBR 11003: 2009. As a result there was obtained optimum values for oils and greases, where the reduction was 87.6% as ferric chloride, and 100% for the aluminum sulphate and tannin. To remove the turbidity removal was 97.3% for ferric chloride, 99.4% for aluminum sulphate and 98.7% for tannin. The evaluation of the paint was the ultimate test to determine whether or not to reuse the treated effluent in the process, with all samples were approved.*

**Key words:** Vibratory finishing. Ferric chloride. Aluminum sulfate. Tannin.



*Theme Area: Residual waters.*

## **1 Introdução**

A água é um recurso natural indispensável à vida na Terra. Ela é importante, tanto para a população, onde é utilizada para consumo e higienização, como para a indústria, onde é utilizada em diversos processos. A superfície do planeta Terra é constituída em sua maioria de água, mais precisamente 75%, mas mesmo assim não dispõe de quantidade suficiente para todos. Menos de 3% dessa água é potável, mas somente 1% de toda a água encontra-se disponível (ANA, 2015).

A empresa estudada, além de fabricar produtos em plástico, também produz itens a base de alumínio. Dentre os processos da empresa que envolve o alumínio, há o vibro-acabamento ou tamboreamento rotativo. Nesse processo, utiliza-se água com a adição de alguns produtos químicos para melhorar o aspecto superficial das peças.

Faz-se necessário a avaliação da possibilidade de reutilização da água utilizada no processo de vibro-acabamento, no setor de usinagem da empresa. Para que se faça possível, foi realizado um estudo utilizando-se de processo físico-químico após a utilização da água na indústria. Nessa proposta, foram realizadas tentativas de reutilização da água residual tratada, fazendo com que o reuso se torne uma atividade econômica, além de ambientalmente correta, economicamente viável para a empresa.

## **2 Fundamentação teórica**

A água é muito utilizada na indústria, ficando à frente até de minerais e minérios utilizados na indústria química (BRAILE; CAVALCANTI, 1993). A qualidade passa a ser importante para garantir que não ocorram riscos à saúde do consumidor ou usuário, minimizar problema com o processo como corrosão, incrustações e depósito de sedimentos nos equipamentos, bem como problemas com os produtos (PORETTI, 1990).

### **2.1 Vibro-acabamento**

Os processos de tratamento superficial em alumínio mais utilizados são a conversão química, a anodização e a pintura. Para todos eles, mas principalmente a pintura, o processo de preparo da superfície é importante para que a haja a perfeita aderência da tinta na peça. Para isso, o produto deve passar pelo processo de lavagem e desengraxe mais conhecido como vibro-acabamento (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO, 2004).

O tamboreamento ou vibro-acabamento é um processo que permite limpar, decapar, rebarbar, raiar, arredondar cantos, nivelar, alisar, polir, lustrar, e secar lotes de peças (VIBROCHIPS, 2006).

Na maioria dos processos de vibro-acabamento é realizado a úmido, com adição de compostos químicos, que tem a finalidade de limpar, desengravar, abrillantar e polir, além de reduzir o tempo de processo e até mesmo o impacto entre as peças. A cada ciclo, a água contaminada é descartada e deve ser tratada em estações de tratamento de efluentes. (TOTALFINISHING, 2013).

### **2.2 Tratamento de efluentes**

Efluentes são resíduos líquidos provenientes de processos industriais e do uso doméstico, que é o caso dos esgotos. O tratamento de efluentes tem como principal objetivo, a remoção de impurezas e contaminantes presentes no efluente. A partir dessa remoção, obtém-se água que pode ser descartada nos corpos hídricos ou ser destinada ao reuso.



### 2.3 Níveis de tratamento

O tratamento de efluentes pode ser separado em dois tipos principais bem distintos, o biológico e o físico-químico. Pode-se utilizar somente o físico-químico, ou somente o biológico, ou até mesmo um após o outro (SPERLING, 2005).

Esses níveis dependem muito da quantidade de contaminantes dos efluentes e das condições das águas receptoras. Após a determinação dos contaminantes contidos nos efluentes, classificam-se nas seguintes fases: tratamento preliminar, primário, secundário e terciário (NUNES, 2001).

### 2.4 Reuso da água de efluentes

Existem vários motivos para a recuperação de águas contaminadas, mas alguns fatores se destacam. O reuso da água tem como fatores de motivação a redução da poluição dos cursos d'água, a disponibilidade de efluente tratado com elevado grau de qualidade, a criação de uma fonte confiável de abastecimento de água, gerenciamento da demanda de água nos períodos de seca, o encorajamento da população para adotar o reuso como prática diária (ASANO, 1991 *apud*. MIERZWA e HESPANHOL, 2005).

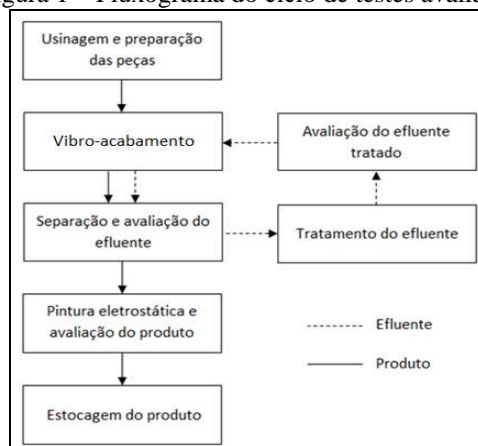
O reuso da água dentro de empresas, deve ser parte integrante dos processos industriais, assim a quantidade de água nobre não é contaminada (METCALF e EDDY, 2003).

## 3 Materiais e métodos

O efluente utilizado na avaliação é proveniente do processo de vibro-acabamento de peças de alumínio. Um dos coagulantes utilizados foi o cloreto férrico, sendo esse um líquido límpido de coloração castanho escuro. O pH medido a temperatura ambiente foi de 6,8. Utilizou-se também um coagulante a base de sulfato de alumínio, sendo seu aspecto levemente turvo de coloração amarela. O seu pH medido a temperatura de 25°C foi de 2,2. O coagulante a base de tanino utilizado é um coagulante orgânico a base de tanino, produzido a partir da casca da acácia negra. O pH medido a temperatura de 25°C foi de 2,3.

Para agitação, usaram-se bolhas de ar, através de ar comprimido com equipamento montado em PPR. Para a determinação das quantidades ótimas dos produtos utilizados nos testes, utilizou-se o teste de jarros, ou jar-test. Para a execução do processo de avaliação da reutilização do efluente bruto, utilizou-se o processo de tratamento físico-químico. A sequência do processo de avaliação é representada pela Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma do ciclo de testes avaliado.





Logo após a separação do efluente, foi retirada uma amostragem de 9 L de efluente bruto e então, utilizou-se o jar-test para determinar a quantidade ideal de produtos. Em cada test, testou-se um tipo diferente de coagulante, sendo eles o cloreto férrico, o sulfato de alumínio e o coagulante a base de tanino.

Como o intuito principal deste trabalho é a avaliação da reutilização do efluente gerado, foram escolhidos alguns parâmetros para análises. Os parâmetros analisados foram: DQO, dureza total, surfactantes, óleos e graxas, sólidos sedimentáveis, turbidez e nitrogênio total.

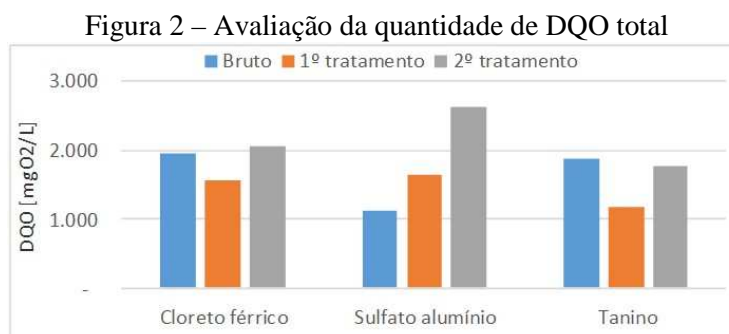
Após a pintura foi determinada a espessura da camada de tinta, e então as peças foram submetidas ao teste de aderência, seguindo o procedimento descrito na norma ABNT NBR 11003:2009, pelo método de corte em grades para espessuras menores que 70  $\mu\text{m}$  ou pelo método em X para espessuras maiores que 70  $\mu\text{m}$ , utilizando os materiais de medição da empresa Omicron Instrumentos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS NORMAS TÉCNICAS, 2009).

## 4 Resultado e discussão

A faixa de quantidade de coagulante testada foi de 1 ml a 12 ml para cada coagulante. Conforme a avaliação visual, a quantidade de cada coagulante proposta para ser utilizada em cada tratamento foi de 6,0 mL/ L de cloreto férrico, 5,0 mL/L de sulfato de alumínio e 8,0 mL/L de tanino.

### 4.1 Avaliação da DQO (Demanda Química de Oxigênio)

Na Figura 2, é demonstrado o resultado da avaliação da DQO para os efluentes brutos e pós-tratados com os coagulantes estudados.



Observa-se que para os pós-tratamentos com o coagulante sulfato de alumínio, houve aumento da DQO, tendo no efluente final, uma quantidade de DQO de 131,8% a mais que o efluente bruto. Com o coagulante cloreto férrico, houve uma diminuição da DQO no primeiro tratamento, contudo, no segundo tratamento houve um aumento de 5,5% em comparação ao efluente bruto. Nos testes com tanino, os resultados foram de diminuição da DQO, tanto no primeiro tratamento como no segundo.

Para Souza (2012), a remoção média de DQO foi de 65,4%, também para efluente hospitalar, mas utilizando além da coagulação/floculação, um pós-tratamento com UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Para Schoenhals (2006), a remoção média de DQO em efluente de abatedouro foi de 84,1% para coagulante cloreto férrico, 82,5% para o sulfato de alumínio e 59,8% para o policloreto de alumínio.

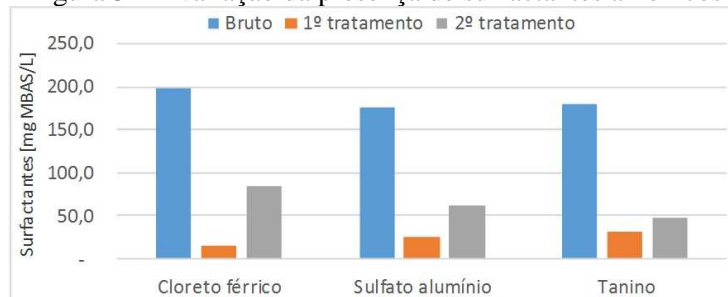
Ao realizar os tratamentos, foi necessário o uso de agente antiespumante a base de silicone para a total quebra de espumas que se formavam com a produção de bolhas de ar pelo agitador utilizado no efluente bruto.



#### 4.2 Avaliação da presença de surfactantes

Na Tabela 3, pode-se observar a evolução da porcentagem de surfactantes aniônicos nas amostras coletadas nos testes de tratamento.

Figura 3 – Avaliação da presença de surfactantes aniônicos



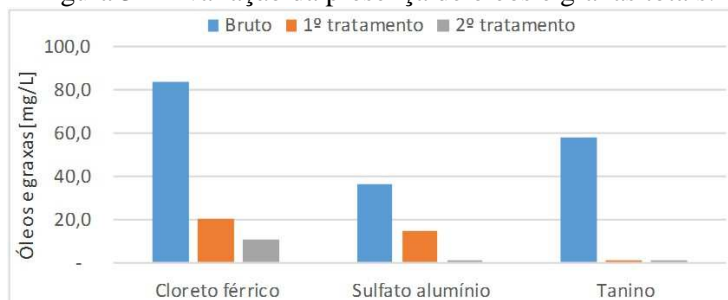
Inicialmente a quantidade média de surfactantes presentes no efluente foi de 187,78 mg MBAS/L, isso pode ser explicado pela adição de abrillantador no processo de vibro-acabamento, o qual é produzido a base de surfactantes. Após os tratamentos, a quantidade de surfactantes aniônicos nos primeiros tratamentos foram de 14,8 mg MBAS/L para o cloreto férrico, 26,18 mg MBAS/L para o sulfato de alumínio e 31,3 mg MBAS/L para o tanino. Após o segundo tratamento, as quantidades de surfactantes tiveram um aumento na sua presença no efluente, sendo que esse aumento foi de pelo menos 9,5%.

Após o primeiro tratamento as quantidades de surfactantes diminuíram drasticamente, mas para a segunda batelada de vibro-acabamento, a quantidade de surfactantes aniônicos teve de ser aumentada em função da não formação de espumas pela presença de antiespumante que foram adicionados para que as espumas fossem extintas durante o processo. Sugere-se que seja utilizado um agitador mecânico, assim pode-se verificar se é possível a diminuição das espumas na agitação, uma vez que a quantidade de bolhas criadas na agitação é menor.

#### 4.3 Avaliação da presença de óleos e graxas totais

Na Figura 3, pode-se observar a diminuição da quantidade de óleos e graxas nos efluentes tratados. A grande eficiência nesse quesito, deve ser levada em conta, uma vez que esse parâmetro é o mais importante para a avaliação, uma vez que os óleos e graxas remanescentes no efluente, podem deixar a superfície da peça gordurosa e ser um complicador na aplicação da pintura. Em todos os efluentes tratados, obteve-se remoção em grandes quantidades.

Figura 3 – Avaliação da presença de óleos e graxas totais.





Dentre os coagulantes utilizados, o que obteve melhor desempenho na remoção de óleos e graxas, foi o tanino, tendo remoção de 100% tanto no primeiro, quanto no segundo tratamento. Nos tratamentos com coagulante cloreto férrico, se mostrou o menos efetivo para remoção deste contaminante. Sua eficiência foi de 75,4% para o primeiro tratamento e 87,6% para o segundo tratamento. O sulfato de alumínio se mostrou bastante eficiente após o segundo tratamento, onde removeu 100% da quantidade total de óleos e graxas.

A utilização de agentes surfactantes, como o do processo de vibro-acabamento, contribui para a remoção de óleos e graxas utilizando coagulantes orgânicos. Estes agentes orgânicos deslocam e anulam as moléculas deste surfactante que está junto a superfície da gotícula de óleo.

#### 4.4 Avaliação de sólidos sedimentáveis

Na Tabela 1, observa-se a quantidade de sólidos sedimentáveis no efluente bruto e nos efluentes pós-tratamentos.

Tabela 1 – Comparação da quantidade de sólidos sedimentáveis totais

Coagulante	Sólidos sedimentáveis [ml/L]		
	Bruto	1º ciclo	2º ciclo
Cloreto férrico	0,3	n.d.	n.d.
Sulfato de alumínio	0,2	5,0	3,5
Tanino	0,4	1,5	n.d.

Observa-se que para os efluentes pós-tratamento com o coagulante cloreto férrico e tanino, na remoção de sólidos sedimentáveis, o resultado foi satisfatório, pois no segundo tratamento, a quantidade de sólidos foi levada a zero, ou seja, uma remoção de 100%. No tratamento onde foi utilizado o sulfato de alumínio, a quantidade de sólidos sedimentáveis, além de não diminuir, aumentou consideravelmente, tendo um acréscimo de 2,5 vezes no primeiro tratamento e 1,75 vezes no segundo.

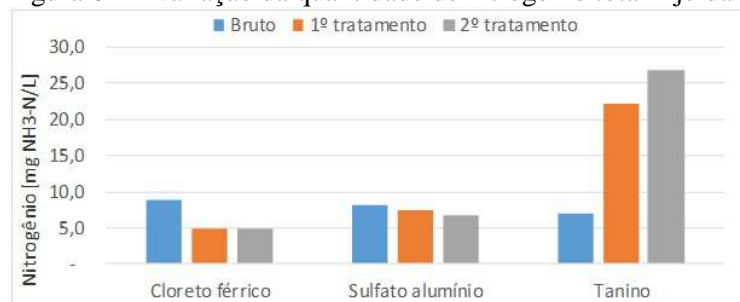
Nos testes conduzidos por Coral, Bergamasco e Bassetti (2009), relatou-se uma concentração em média 50% maior de sólidos sedimentáveis com o coagulante a base de tanino do que com o sulfato de alumínio, por exemplo.

Para resolver esse tipo de problema, pode-se utilizar um equipamento de adensamento de lodo e retirada de efluente clarificado de forma mais efetiva. Esse equipamento pode ser um filtro-prensa, que tem em sua principal função, o adensamento de lodo de forma simples, formando uma torta de resíduo, a qual pode ser acondicionada em aterros.

#### 4.5 Avaliação da quantidade de nitrogênio

Pode ser observado as quantidades de nitrogênio para o efluente bruto, bem como para os tratamentos na Figura 6.

Figura 6 – Avaliação da quantidade de nitrogênio total Kjeldahl





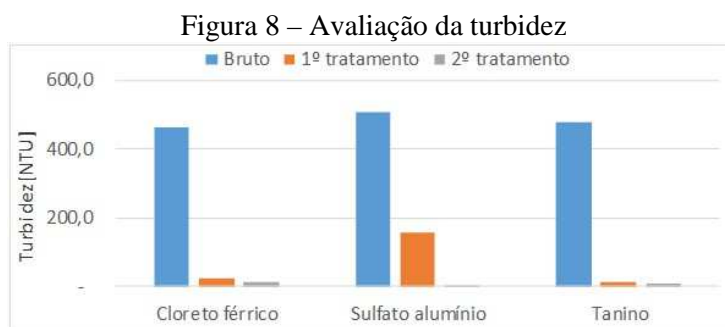


Observou-se a eficácia na remoção de nitrogênio para o coagulante cloreto férrico e sulfato de alumínio. A remoção para esses dois coagulantes, foi em média de 45% e 15%, respectivamente. Na avaliação no pós-tratamento do efluente com coagulante a base de tanino, a eficiência não foi boa, sendo muito negativa, uma vez que a quantidade de nitrogênio no efluente aumentou cerca de 330%.

Avaliações realizadas por Schoenhals (2006), onde houve a remoção de 16,8% de nitrogênio total com o uso do coagulante policloreto de alumínio e 30% para o coagulante cloreto férrico. Segundo a Tanac SA (2015), o coagulante a base de tanino, detém uma grande quantidade de nitrogênio, uma vez que ele é um coagulante polimérico orgânico.

#### 4.6 Avaliação da turbidez

Na Figura 8, observou-se que em todos os testes de tratamento houve redução na turbidez. Isso faz com que todos os coagulantes sejam considerados eficientes para remoção de turbidez.



As remoções são praticamente as mesmas para os três coagulantes, sendo a remoção no primeiro tratamento de 95,3% com o cloreto férrico, 68,6% com o sulfato de alumínio e 97,3% com o tanino. Para o segundo tratamento, a remoção foi de 97,3% para o cloreto férrico, 99,4% para o sulfato de alumínio e 98,7% para o tanino.

#### 4.7 Teste da aderência da pintura

Para todos os testes de aderência, foi realizado o teste de espessura de tinta, assim se realizou o teste com corte em grades, conforme a norma determina, uma vez que todas as peças tiveram uma espessura menos de 70  $\mu\text{m}$ .

Na Figura 9, é demonstrado os resultados visual dos testes de aderência, os quais são seguidos conforme a norma mencionada acima. Conforme essas figuras, pode-se comparar com os padrões da norma e verificar que todas as peças tiveram grau de destacamento Gr<sub>0</sub>, ou seja, não houve nenhum deslocamento de tinta e as peças foram consideradas aprovadas para serem comercializadas.

### 5 Conclusão

Nos resultados, o coagulante cloreto férrico, se mostrou melhor para diminuição dos parâmetros alcalinidade, nitrogênio total Kjeldahl e sólidos sedimentáveis. Na utilização do sulfato de alumínio, os melhores resultados apresentados foram nos parâmetros óleos e graxas e turbidez. Com o coagulante a base de tanino, as repostas mais positivas foram na condutividade elétrica, DQO, sólidos sedimentáveis, óleos e graxas e surfactantes. Com isso, pode-se determinar que a utilização do coagulante a base de tanino se mostrou a melhor opção de tratamento.

Assim pode-se verificar que os três coagulantes podem ser utilizados para a



clarificação do efluente e remoção de contaminantes prejudiciais ao processo de vibro-acabamento de peças em alumínio, sendo o tanino o mais eficiente.

## 6 Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Panorama Nacional dos Recursos Hídricos:**

Panorama da água no Brasil, 2015. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 19 Março 2015.

BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. São Paulo: CETESB, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO, 2004. Disponível em: <[www.abal.org.br](http://www.abal.org.br)>. Acesso em: 2015 Março 2015.

ASANO, T. **Planning and implementation of water reuse projects**. Great Britain: Exeter, v. 24, 1991.

NUNES, J. A. **Tratamento físico-químico de águas residuárias**. 3ª. ed. Aracaju: Triunfo, 2001. 299 p.

PORETTI, M. **Quality control of water as raw material in the food industry**. **Food Control**, April 1990. 83.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ª. ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

TOTALFINISHING. **Tamboreamento e vibro-acabamento**, 2013. Disponível em: <<http://www.totalfinishing.com.br/noticia.asp?UID=41BC&noticia=sobre-tamboreamento-e-vibroacabamento>>. Acesso em: 03 Abril 2015.

VIBROCHIPS. **Processos de tamboreamento controlado e suas aplicações práticas**, 2006. Disponível em: <<http://www.vibrochips.com.br/v3/upload/docs/processos.pdf>>. Acesso em: 03 Abril 2015.

METCALF; EDDY. **Wastewater Engineering: Treatment and reuse**. 4ª. ed. New York: McGraw Hill, 2003. 1819 p.