

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

ESTUDO COMPARATIVO DO PROCESSO DE RECICLAGEM DE LATINHAS DE ALUMÍNIO EM FORNOS ROTATIVOS E FORNOS REVÉRBEROS

Mauricio de Oliveira Lima, William Fernandes Resende Pereira, Marcelo Bergamini de Carvalho, Emerson Augusto Raymundo, Sérgio Roberto Montoro, Amir Rivaroli Junior.

Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba, Fatec Pindamonhangaba, Rodovia Vereador Abel Fabrício Dias, 4010 - Água Preta, 12445-010 – Pindamonhangaba-SP, Brasil,
mauricio.lima18@fatec.sp.gov.br, william.pereira10@fatec.sp.gov.br,
marcelo.carvalho30@fatec.sp.gov.br, emerson.raymundo2@fatec.sp.gov.br,
sergio.montoro@fatec.sp.gov.br, amir.rivaroli@fatec.sp.gov.br.

Resumo

O alumínio é um dos materiais mais recicláveis. O Brasil apresentou taxa de reciclagem de 55,4% de sucata de alumínio no ano de 2019, sendo que latas de alumínio tiveram índices de 98,7%, a maior do mundo (ABAL, 2021). A obtenção de alumínio a partir da reciclagem gasta apenas 5% do valor gasto na obtenção de alumínio primário. O presente trabalho comparou as vantagens e desvantagens de dois fornos utilizados nos processos de fusão de alumínio, forno rotativo e forno revérbero. Foram estudados os parâmetros produtivos. Os fornos rotativos são mais versáteis, podendo trabalhar com cargas mais diversas, e são mais fáceis de corrigir, gerando menos perdas em caso de contaminação. Os fornos contínuos são mais produtivos, por terem maior capacidade e sempre trabalham com residual líquido, fundindo assim carga mais rápida e são mais difíceis de correção no caso de contaminação. Em relação aos valores energéticos e rendimentos, variou em relação ao tipo de carga e capacidade do forno. Ambos os processos são muito versáteis, por isso são os mais utilizados até hoje na produção de reciclagem de latas de alumínio.

Palavras-chave: alumínio, reciclagem, forno rotativo, forno revérbero, latas.

Área do Conhecimento: Engenharias – Engenharia de Materiais e Metalúrgica

Introdução

O alumínio secundário representa cerca de 1/3 do total de alumínio consumido mundialmente, uma vez que para a sua produção requer apenas 5% da energia necessária para a produção do alumínio primário, verificando-se assim elevadas poupanças energéticas (WALLACE, 2011). Estima-se que a energia necessária para a produção deste material se encontre entre os 6 e os 10 MJ/kg, com uma eficiência média do processo de 60-80%, isto é, da totalidade de resíduo de alumínio colocado no forno, a conversão em lingotes de alumínio secundário corresponde a 60-80% (GRIMES; DONALDSON; GOMEZ, 2008). O Alumínio através de sua combinação de propriedade o torna um dos metais mais versáteis utilizados no mundo de hoje.

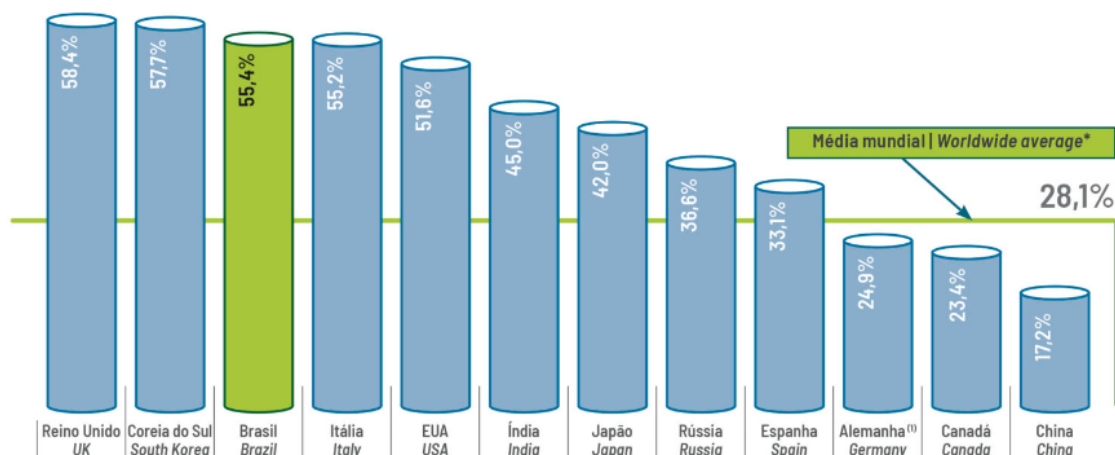
Estima-se que, que no ano de 2020 o consumo de alumínio ficou em torno de 70 milhões de toneladas, sendo que 30 milhões de toneladas vindo da reciclagem. No ano de 2004 existiam no mundo 1200 plantas de reciclagem de alumínio e 200 plantas de alumínio primário (BERTRAM, 2008).

No Brasil, a reciclagem do alumínio teve início com a própria implantação da sua indústria na década de 20. Naquela época, a matéria prima utilizada na fabricação de utensílios eram sucatas importadas de diversos países. No Brasil, a reciclagem do alumínio teve início com a própria implantação da sua indústria na década de 20.

Segundo Soo et al. (2018), a quantidade de alumínio usada mundialmente vem crescendo desde 1950, com tendência de aumento, inclusive da reciclagem de alumínio por meio da refusão. A figura 1 representa a relação entre sucata recuperada e consumo doméstico (ABAL, 2020).

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Figura 1 – Relação entre sucata recuperada e consumo doméstico, 2020.



Fonte: ABAL- Associação Brasileira do Alumínio, 2020.

Metodologia

Para este estudo foi feita uma comparação técnica do processo de fusão de latas de alumínio usadas e recicladas em dois tipos de fornos muito utilizados em reciclagem. Um processo do tipo por batelada, onde é empregado um forno do tipo rotativo e um com produção mais contínua, do tipo revérbero. Foram comparados parâmetros produtivos que influenciaram diretamente em produtividade e qualidade. Para isso foi utilizado um estudo de rota de produção de uma grande empresa de reciclagem de alumínio que utiliza nas suas unidades os dois tipos de processo de fabricação para obtenção de alumínio líquido.

As latas de alumínio normalmente são produzidas com três tipos de materiais:

- 5182 (Mg 4,5% Mn 0,2 – 0,5%) na tampa e no lacre rebitado;
- 3004 (Mg 0,8 – 1,3%, Mn 1,0 – 1,5%) no corpo;
- 5082 (Mg 3,3 – 4%, Mn 0,2 – 0,5%) também sido usada em alguns casos para a tampa.

Essa mistura de ligas é um dos problemas relacionados à reciclagem de latas, sendo necessária uma diluição com alumínio primário para a obtenção de ligas específicas.

A tabela 1 descreve a composição química das principais ligas utilizadas na fabricação de latas.

Tabela 1 - composições químicas das ligas utilizadas na fabricação de latas.

Liga	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Cr	Ti	Outros
3004	0,30	0,70	0,25	1,0 – 1,5	08 – 1,3	0,25	-	-	0,15
5182	0,20	0,35	0,015	0,2 – 0,5	4,0 – 5,0	0,10	0,10	0,01	0,15
5082	0,20	0,35	0,15	0,25 – 0,4	3,3 – 5,0	0,25	0,15	0,10	0,15

Fonte: RECYCLING EAA, European Aluminium Association, 2015.

No recebimento as latas para reciclagem são condicionadas em dois tipos de embalagem:

- Latas soltas, normalmente recebidas de sucateiros independentes, que fazem a coleta de pequenos recicladores;
- Latas confeccionadas em fardos, recebidas de centros de coletas, que fazem a preparação da sucata antes de enviar para os centros de fusão.

Após o recebimento, as latas soltas ou em pacotes, são preferencialmente trituradas de acordo com o forno a ser utilizado em um equipamento denominado *shredder*, para que a fusão seja mais rápida e ocorra uma melhora no rendimento e na eficiência metálica. Nos fornos rotativos normalmente é utilizado os fardos sem processamento.

As figuras 2 e 3 mostram os tipos de latas recebidos e a figura 4 um exemplo de equipamento *shredder* triturador de latas.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Figura 2 – Latas soltas.



Fonte: Os Autores, 2023.

Figura 3 – Latas em pacotes.



Fonte: Os Autores, 2023.

Figura 4 – Shredder (moagem sucata)



Fonte: Os Autores, 2023.

Para este estudo foram feitas análise das seguintes variáveis do processo de obtenção de alumínio líquido através da reciclagem de latas de bebidas dos fornos empregados para fusão, 2 tipos de fornos rotativos e dois tipos de fornos revérberos. Os dados coletados em cima da produção foram possíveis verificar os seguintes parâmetros:

- Carga utilizada, com as variáveis de carregamento, sendo um por batelada e outro contínuo;
- Qualidade, parâmetros de cada processo que interfere diretamente na qualidade do alumínio líquido obtido;
- Fusão, verificação dos parâmetros de energia e produtividade de cada linha de produção por forno empregado.

Resultados

1 - Forno Rotativo – Processo por batelada

1.1 - Sucata em pacote, empresa X: Carregamento com fardo inteiro, sem passagem pelo shredder. Para um forno de capacidade de sete toneladas, o tempo total entre carregamento, fusão e vazamento foi na média de 4 horas, ou seja, em 24 horas se produz em média 42 toneladas dia dando um resultado aproximado de 1,75t/hora. O consumo dos insumos ficou em torno de:

- Gás natural, média de 3250 m³/dia (135 m³/h);
 - Oxigênio (O²) foi de 4680 m³/dia (195 m³/h);
 - Energia elétrica ficou na casa dos 810 kw/h dia (33,75 kw/h);
 - Sal de limpeza de escória foi de 9.000 kg/dia (375 kg/h);
- Rendimento metálico obtido ficou entre 77,6% e 82,0%.

1.2 - Sucata picotada - Empresa Y: Carregamento com latas picotadas e separadas após passagem pelo shredder. Para o mesmo tipo de forno e capacidade, se obteve um tempo de carga de 1 hora e 30 minutos, produzindo uma média de 84 toneladas dia, aproximadamente 3,5 t/hora. O consumo dos insumos ficou em torno de:

- Gás natural, média de 2400m³/dia (100m³/h);
- Oxigênio (O²) foi de 3700m³/dia (154 m³/h).
- Energia elétrica ficou na casa dos 415 kw/dia (17,29 kw/h);
- Sal de limpeza de escória variou entre 1000kg e 1300kg por carga (15% á 18%), sendo utilizado em média de 16 toneladas dia.

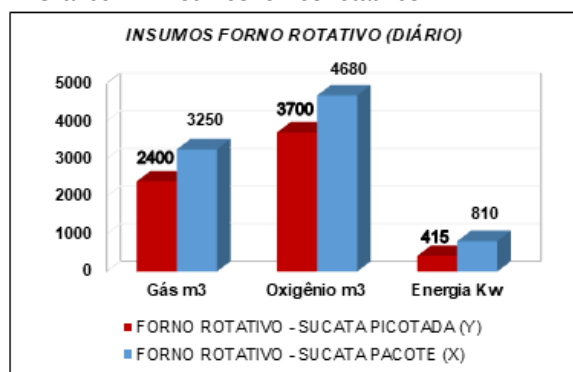
O Rendimento metálico obtido ficou entre 77,6% e 82,0%, ou seja, para cada 1000 kg de latinha enforcada, se retirava em torno de 776 a 820 kg de metal líquido. O restante era perdido na oxidação e na escória.

A utilização de latas já picotadas em menores dimensões, quando picotadas pelo shredder produzem uma fusão mais rápida, garantindo uma melhor produtividade com melhores indicadores de consumo. Isto se deve a menor área de contato, facilitando a fusão de toda carga em menor espaço de tempo.

Os gráficos 1 e 2, mostram o consumo diário dos insumos gás, oxigênio, eletricidade e sal e a produtividade dos fornos com a utilização de sucata picotada e sucata pacote.

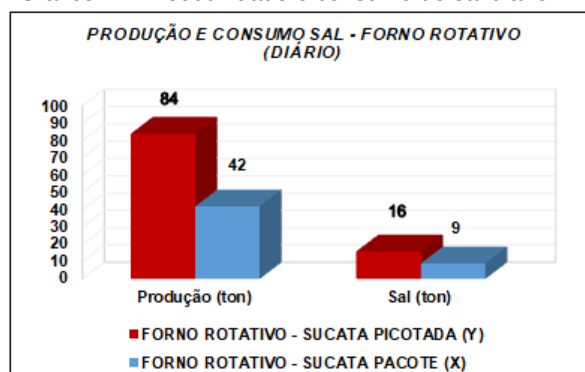
A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Gráfico 1 – Insumos fornos rotativos.



Fonte: Os autores, 2022.

Gráfico 2 – Produtividade e consumo de sal diário



Fonte: Os autores, 2022.

2 - Forno Revérbero (sidewell) – Processo contínuo

Foram comparadas duas empresas, denominadas como A e B com o mesmo processo produtivo. Estes fornos somente utilizam latas picotadas após passagem por shredder. Os fornos foram com capacidade semelhante de 5 toneladas por hora. Com estes dados chegamos aos seguintes resultados:

2.1 - Empresa A - O consumo dos insumos ficou em torno de:

- Gás natural, média de 5860m³/dia (244m³/h);
- Oxigênio (O²) foi de 10920m³/dia (455m³/h);
- Energia elétrica ficou na casa dos 10957 kw/dia (456,54 kw/h);
- Sal de limpeza de escória variou por volta 9200 Kg/dia (380 kg/h);
- A produção diária ficou em torno de 98 toneladas (5 ton/h);

O Rendimento metálico obtido ficou entre 82,0% e 83,8%, ou seja, para cada 1000 kg de latinha enforcada, se retirava em torno de 820 a 838 kg de metal líquido. O restante era perdido na oxidação e na escória.

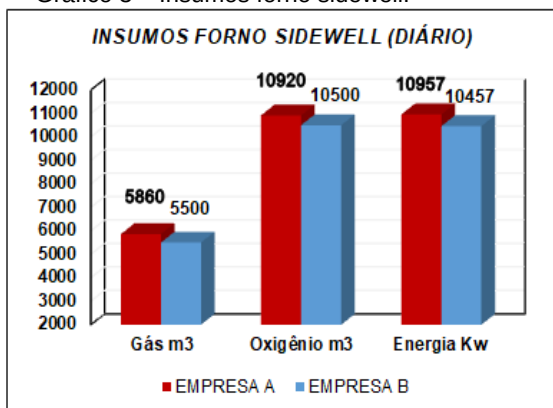
2.2 - Empresa B - O consumo dos insumos ficou em torno de:

- Gás natural, média de 5500m³/dia (229,1m³/h);
- Oxigênio (O²) foi de 10500m³/dia (438m³/h);
- Energia elétrica ficou na casa dos 10457 kw/dia (435 kw/h);
- Sal de limpeza de escória variou por volta 8400 Kg/dia (350 kg/h);
- A produção diária ficou igual, em torno de 98 toneladas (5 ton/h);

O Rendimento metálico obtido também foi o mesmo, ficou entre 82,0% e 83,8%.

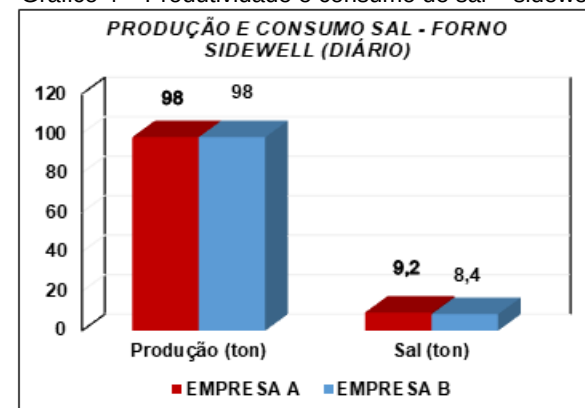
Os gráfico 3 mostra o consumo diário dos insumos gás, oxigênio e eletricidade e o gráfico 4 mostra a produtividade diária, sendo ambos os gráficos relacionados ao forno sidewell.

Gráfico 3 – Insumos forno sidewell.



Fonte: Os autores, 2023.

Gráfico 4 – Produtividade e consumo de sal – sidewell.



Fonte: Os autores, 2023.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Os fornos de produção contínua são mais estáveis, com isso os números são bem parecidos. Estes tipos de fornos são empregados quando se trabalha com alto volume de produção e com isso as empresas trabalham com centros de coletas especializados que garantem um fornecimento de sucata constante e de boa qualidade.

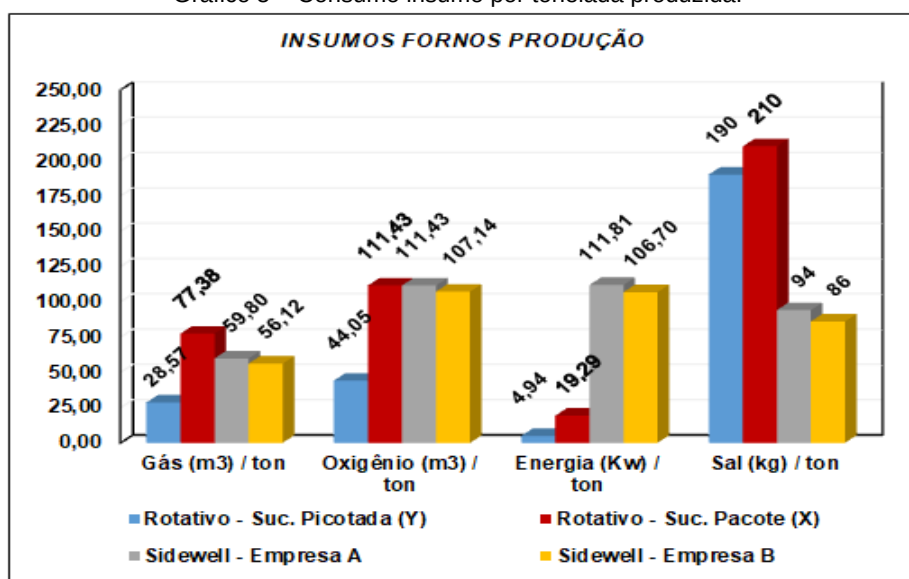
Para se entender o consumo de insumos e se fazer uma comparação entre todos os processos foi construído a tabela 2 e o Gráfico 5.

Tabela 2 – Consumo de insumos por toneladas por tipo de forno

Tipo Forno / Insumo	Gás (m3) / ton.	Oxigênio (m3) / ton.	Energia (Kw) / ton.	Sal (kg) / ton.	Produção (ton)
Rotativo – Suc. Picotada(Y)	28,57	44,05	4,94	190	84
Rotativo – Suc. Pacote (x)	77,38	111,43	19,29	210	42
Sidewell – Empresa A	59,80	111,40	111,81	94	98
Sidewell – Empresa A	56,12	107,14	106,70	86	98

Fonte: Os autores, 2023.

Gráfico 5 – Consumo insumo por tonelada produzida.



Fonte: Os autores, 2023.

Discussão

Interpretando os gráficos de consumo de insumos e produtividade percebemos as seguintes informações:

- Os fornos rotativos, são fáceis de se trabalhar com sucatas picotadas no sistema, por diminuir a área de contato no forno, a fusão ocorre de maneira mais rápida e ocorre também uma diminuição nos insumos utilizados. Os fornos que operam com fardos são mais empregados para trabalhar com sucata variada e são utilizados para recuperar materiais mais sujos, vindo normalmente de outros processos produtivos.
- Os fornos Sidewell de produção contínua (revérbero) são mais estáveis, com isso os números são bem parecidos. Estes tipos de fornos são empregados quando se trabalha com alto volume de produção e com isso as empresas trabalham com centros de coletas especializados que garantem um fornecimento de sucata constante e de boa qualidade.
- Interpretando-se o gráfico 5, percebe-se um melhor consumo dos insumos para o forno rotativo com sucata picotada, isto se dá aparentemente por ser um forno de menor volume, isto favorece as trocas de calor e limpeza. A diferença em relação aos fornos Sidewell se dá justamente

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

por serem fornos de alta capacidade e os maçaricos estarem o tempo todo ligado, pois a sucata é carregada continuamente.

Um dos problemas nos fornos Sidewell que deve ser considerado é quando ocorre uma contaminação, por serem fornos que não se costumam ser esvaziados, os metais contaminados têm de ser diluídos, o que pode acarretar grandes perdas de produção. Nos fornos rotativos, por serem por bateladas, simplesmente terminam a corrida e fundem em lingotes menores que vão sendo aproveitados ao longo das cargas produzidas.

Conclusão

Após análise dos parâmetros estudados e resultados encontrados na comparação dos processos produtivos para obtenção de alumínio líquido através da reciclagem de latas de bebidas usadas podemos checar as seguintes conclusões:

- Os fornos contínuos são melhores quando se deseja alta capacidade produtiva, porém nos casos de risco de contaminação por elementos químicos indesejáveis as perdas podem ser maiores;
- Os fornos rotativos são mais versáteis, pois podem utilizar latas soltas picotadas ou em fardos, porém a sua capacidade produtiva é menor, por trabalhar com bateladas, sempre partem do zero até a fusão;
- Em relação a qualquer tipo de contaminação os fornos rotativos são mais versáteis, as contaminações geram menos perdas e o aproveitamento é mais fácil do material contaminado;

Concluiu-se, portanto que os tipos de fornos empregados em ambos os processos são viáveis, pois dependem do volume a ser produzido e do tipo de carga disponível.

Referências

ABAL – Associação Brasileira do Alumínio, Índices de Reciclagem de Latas de Alumínio para Bebidas 2009 – 2021. Disponível em: <https://abal.org.br/estatisticas/nacionais/reciclagem/latas-de-aluminio-2009-2021/>. Acesso em 01/08/20-22;

ABAL – Associação Brasileira do Alumínio, Relação entre sucata recuperada e consumo doméstico. Disponível em: <https://abal.org.br/estatisticas/nacionais/reciclagem/total-aluminio-2019/>. Acesso em 01/09/2023;

BERTRAM, Marlem. **The global and european dimension of aluminum recycling**. Disponível em: http://www.aluminiumcentrum.nl/aluminiumcentrum.nl/files/Doc/Congres%202006/module%20a/2,Mrs._Marlen_Bertram.pdf. Acesso em :02/10/2022;

CASTRO, Maurício Barros de: **A Reciclagem de alumínio no Brasil**. Rio de Janeiro, Desiderata, 2006;

GRIMES, S.; DONALDSON, J.; GOMEZ, G. C.; Report on the environmental benefits of recycling. Commissioned by the Bureau of International Recycling, p. 23-24, 2008;

RECYCLING EAA, European Aluminium Association, 2015, Published by Cwningen Press, UK. International;

SOO, Vi Kie, et al., Sustainable aluminium recycling of end-of-life products: a joining techniques perspective. Journal Of Cleaner Production, [S.L.], v. 178, p. 119-132, mar. 2018. Elsevier BV;

WALLACE, G. Production of secondary aluminium. In: LUMLEY, Roger (Ed.). Fundamentals of aluminium metallurgy: production, processing and applications. Elsevier, 2010.