



# SICIT 2018

Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

Universidade de Itaúna

## ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DE APLICAÇÕES PARA O RESÍDUO SÓLIDO CHARCOK OU “PÓ DE BALÃO”

Flávio França Vasconcelos, Universidade de Itaúna, [flaviofv@yahoo.com.br](mailto:flaviofv@yahoo.com.br).  
Sabrina Nogueira Rabelo, Universidade de Itaúna, [sasanogueirarab@hotmail.com](mailto:sasanogueirarab@hotmail.com).

**Resumo:** Os resíduos industriais e urbanos, merecem cada vez mais atenção da sociedade e do poder público. O “pó de balão”, conhecido também como Charcok, é resíduo sólido, proveniente da redução do minério de ferro em alto forno. Considerado um resíduo extremamente poluente, o Charcok constitui-se de um entrave para a produção do ferro gusa, matéria prima essencial às indústrias Metalmeccânica. O presente trabalho aborda a análise e o levantamento de possíveis destinações e aplicações para este resíduo. O Charcok inicia-se sua formação no alto forno, no qual são adicionados carvão, minério de ferro e outros elementos para que ocorra a redução do minério de ferro. Os fragmentos de menor massa específica são suspensos junto com os gases formados dentro do alto forno, que posteriormente, passam por uma série de tratamentos antes de serem liberados para a atmosfera ou retornarem ao alto-forno. O “pó de balão” é um dos produtos gerados pelo tratamento dos gases, sendo um subproduto indesejável das indústrias siderúrgicas. A aplicação deste resíduo em massas para fabricação de materiais cerâmicos e sua utilização como fertilizante para a agroindústria têm-se mostrado promissora, constituindo-se de alternativas sustentáveis para o aproveitamento deste material.

**Palavras-chave:** Pó de balão. Charcok. Resíduo. Siderurgia. Aplicação. Análise técnica.

### 1 Introdução

Os resíduos sólidos, industriais ou urbanos são cada vez temas de discussão entre diversos especialistas e do poder público. Todos os países, não importando sua localização ou o seu nível de desenvolvimento, produzem milhões de toneladas por dia de resíduos. O desenvolvimento e o aperfeiçoamento de tecnologias para tratamentos de rejeitos apropriados e ecologicamente corretos são essenciais. A produção eficaz e a poluição zero advinda é o desafio inerente às estratégias de produção mais limpa, cujo objetivo principal é evitar a geração de resíduos e emissões, a partir de um enfoque preventivo.

O charcok, mais conhecido como pó de balão, segundo Lima, Reis e Borges (2013) é um resíduo sólido industrial de alta nocividade à saúde humana e ao meio ambiente, uma vez que possui elevadas concentrações de metais pesados. O pó de balão corresponde a 13% dos resíduos sólidos gerados no processo de obtenção do ferro gusa, variando sua produção de 28 a 45 kg por tonelada de gusa (MILANEZ e PORTO, 2008). É um resíduo sólido classificado pela NBR 10004 como “classe I” (perigoso), devendo-se tomar uma série de precauções no armazenamento, manuseio e transporte desse material..

Dessa forma, uma destinação correta para o charcok é de extrema importância para indústria siderúrgica, uma vez que questões ambientais de tratamento e/ou de acondicionamento de resíduos são onerosas. Este trabalho aborda uma análise da viabilidade técnica das possíveis



# SICIT 2018

Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

Universidade de Itaúna

destinações que o charcok poderia obter, bem como as vantagens e desvantagens de cada uma delas.

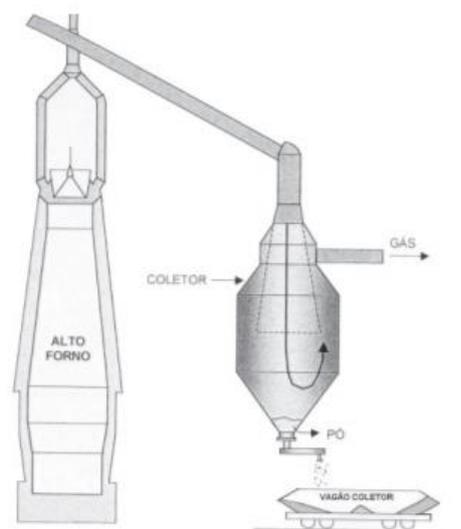
## 2 Metodologia

Este estudo utilizou-se da literatura clássica para rastrear técnicas já existentes ou possíveis aplicações para a utilização do charcok. Assim, estabeleceu-se quatro vertentes principais para a utilização do “pó de balão”, que são: utilização em massa cerâmica; utilização no solo como fertilizante; processamento em forno cubilô para extração do ferro; e por último, uma aplicação não muito bem difundida no meio industrial, utilização do Charcok como absorvedor de potássio e metais pesados em sistemas de tratamento de água.

Na análise da viabilidade técnica para se determinar possíveis aplicações para este resíduo, analisou-se suas características físico-químicas e sua geração como subproduto siderúrgico.

A formação do charcok inicia-se no principal equipamento da indústria de transformação, o qual minério de ferro, carvão vegetal, coque e fundentes são adicionados ao alto forno para transformar-se em ferro gusa, ou simplesmente gusa, que é a principal matéria prima das aciarias e fundições. Porém, como a maioria dos processos de fabricação, a produção do gusa gera subprodutos, como o charcok, a escoria e os gases. O charcok é basicamente uma mistura de finos de minério de ferro, coque, carvão vegetal e fundentes que ficam em suspensão nos gases, os quais são lavados e ou filtrados para remover o “pó de balão”. A FIGURA 1 demonstra como o charcok é coletado e separado dos gases.

FIGURA 1 – Esquema de separação do “Pó de Balão”



Fonte: Adaptado de OLIVEIRA e MARTINS (2003, p. 5)

A análise físico-química de grande interesse para avaliar as possíveis destinações que o charcok pode ter é obtida por meio de duas avaliações diferentes. Na primeira, queima-se o resíduo,



# SICIT 2018

Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

Universidade de Itaúna

avaliando o percentual de umidade, cinzas, carbono fixo, entre outros componentes da amostra. A TABELA 1 apresenta exemplos de valores encontrados para 5 amostras do charcok..

TABELA 1 – Percentual de umidade, cinzas, voláteis e carbono fixo

Amostras	Umidade (%)	Cinzas (%)	Voláteis (%)	Carbono Fixo (%)
01	49,6	54,55	1,9	43,55
02	48,65	53,35	2,8	43,85
03	49,15	51,3	3,05	45,65
04	49,8	52,8	2,4	44,8
05	47,25	57,3	2,25	40,45
<i>Média</i>	<i>48,89</i>	<i>53,86</i>	<i>2,48</i>	<i>43,66</i>

Fonte: Adaptado de OLIVEIRA, SILVEIRA e ASSIS (2017, p. 23)

Na segunda avaliação química analisam-se os elementos químicos presentes no “pó de balão”, bem como os seus respectivos teores médio. Na TABELA 2 pode-se notar os valores obtidos para o teor médio de cada elemento químico, e na TABELA 3 o percentual de cada substância química presente no resíduo em geral.

TABELA 2 – Teor médio de cada elemento químico presente no Charcok

Elementos	Teor médio (mg/Kg)	Elementos	Teor médio (mg/Kg)	Elementos	Teor médio (mg/Kg)
Al	17153	Li	3	Sc	1
Ba	226	Mg	1948	Sr	100
Bi	35	Mn	1196	Th	3
Ca	14755	Na	266	Ti	1009
Co	6	Ni	14	V	56
Cr	112	P	671	Y	6
Cu	67	Pb	463	Zn	1201
Fe	317326	S	626	Zr	25
K	2167				

Fonte: Adaptado de OLIVEIRA, SILVEIRA e ASSIS (2017, p. 23)



# SICIT 2018

Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

Universidade de Itaúna

TABELA 3 – Percentual das substâncias presentes no charcok..

ELEMENTOS	PERCENTAGEM (%)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	57
SiO <sub>2</sub>	12
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,05
CaO	3,0
MgO	0,1
Carvão Vegetal	20

Fonte: Adaptado de OLIVEIRA e MARTINS (2003, p. 5)

### 3 Análise das possíveis aplicações

#### 3.1 Indústria cerâmica

Atualmente, o Charcok é amplamente aproveitado em indústrias cerâmicas. O resíduo ao ser adicionado a massa argilosa contribui para o processo de obtenção da cerâmica. O charcok, como demonstrado, apresenta aproximadamente 44% de carbono fixo, que segundo Oliveira, Silveira e Assis (2017) é uma característica que torna favorável a termoredução desse resíduo em fornos, sendo assim de grande interesse para os materiais cerâmicos. Dessa forma, a utilização do charcok na massa cerâmica objetiva a redução o ciclo térmico do processo, garantido assim um menor gasto de combustível. (OLIVEIRA e MARTINS, 2003).

A aplicação do Charcok em blocos cerâmicos, ocasiona uma melhoria considerável no material. Com a adição de 1,5% de Charcok na massa de argila, verifica-se um aumento de 44% na carga de ruptura do material (LIMA, REIS E BORGES 2013).

A utilização desse resíduo na cerâmica é uma ótima destinação para o Charcok, uma vez que reduzem os custos com materiais combustíveis para a queima da argila, e ainda contribui para melhoria de propriedade mecânica do material.

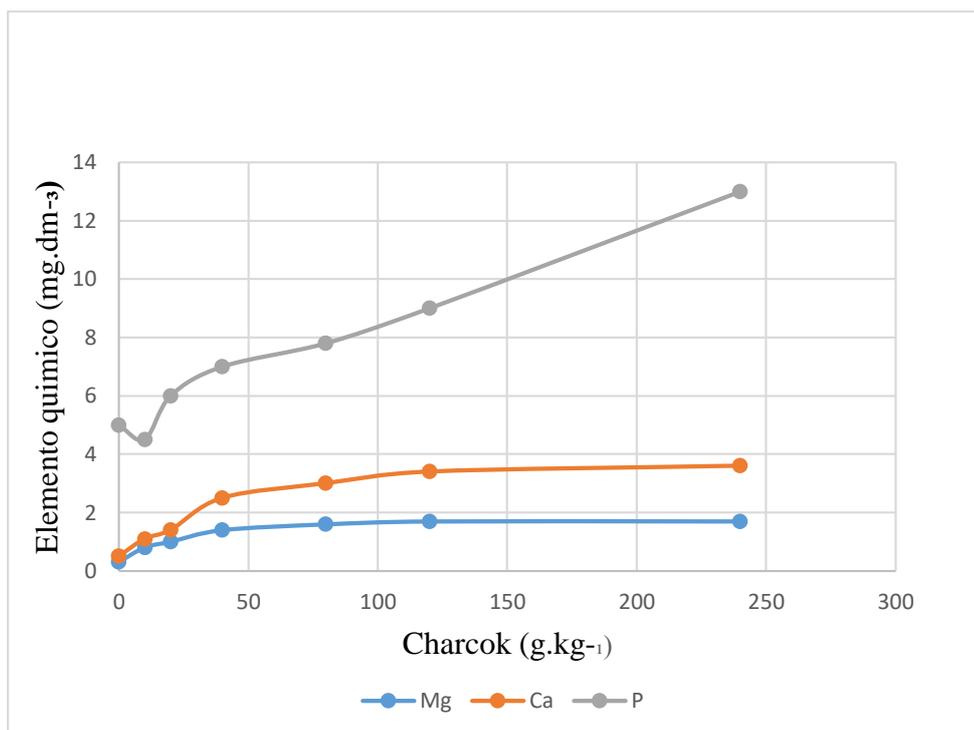
Porém, deve-se considerar que a queima desse resíduo gera gases sulfurosos, os quais são responsáveis pela chuva ácida. Além disso a grande quantidade de cinzas presentes no Charcok ocupam um volume considerável na massa cerâmica, elevando assim a perda de massa do bloco cerâmico em virtude do aumento do processo de queima (OLIVEIRA e MARTINS, 2003). Apesar disso, pode-se concluir que os benefícios trazidos pela inserção do charcok na massa argilosa, prevalece sobre a perda de massa do bloco cerâmico.

#### 3.2 Agroindústria

Uma outra alternativa para a destinação do Charcok é a sua utilização como fertilizante e agente corretivo para o solo. A aplicação do pó de balão fornecer nutrientes importantes para o solo como os elementos químicos silício e manganês. Proporciona um aumento do pH do solo/terreno em conjunto com a redução dos teores de alumínio a níveis considerados não tóxico para a maioria das culturas de interesse econômico (BRASIL, NICOLI e OLIVEIRA, 2008).

Além disso, com a adição do Charco observa-se um aumento dos teores de alguns elementos químicos benéficos a agricultura como o fósforo, potássio, cálcio e magnésio (BRASIL, NICOLI e OLIVEIRA, 2008). A FIGURA 2 mostra o aumento dos teores de alguns desses elementos em função da adição do Charco.

FIGURA 2 – Concentração dos elementos químicos em função da adição de Charco



Fonte: Adaptado de BRASIL, NICOLI e OLIVEIRA. (2008, p. 28)

Observa-se que a concentração de fósforo no solo aumenta de aproximadamente 5 mg/dm<sup>3</sup> para 13 mg/dm<sup>3</sup> com a adição de cerca de 250g de Charco por quilo de solo. O aumento das concentrações dos elementos químicos, em especial o fósforo, o magnésio e o cálcio é significativo, evidenciando que o pó de bolo pode constituir de uma fonte de nutrientes para a agroindústria (SILVA *et al.*, 2012).

Porém, esta destinação se restringe a áreas próximas dos locais de produção do pó de balão. Devido aos significativos custos com transporte, e a necessidade de se ter um grande volume deste resíduo para uso em solos, não se justifica os gastos quando comparado com os preços e a disponibilidade dos fertilizantes industriais mais comumente empregados na agricultura.

### 3.3 Extração do ferro em forno Cubilô

O Charco, como demonstrado, apresenta grande percentual de óxidos de ferro, os quais podem ser aproveitados em fornos cubilôs. Formam-se briquetes com esses resíduos, que posteriormente, são inseridos ao forno para recuperação do ferro presente. Após a fusão, o metal obtido utilizando o Charco como carga do forno cubilô apresenta características similares ao do metal obtido do modo tradicional (FUNDIÇÃO e SERVIÇO, 2002).



Porém, tal técnica para ser aplicada ainda nos fornos cubilôs no Brasil ainda é inviável economicamente, necessitando realizar adaptações ao forno e a formação dos briquetes. A tecnologia necessita de melhorias a fim de obter-se um custo-benefício mais atrativo para a aplicação do Charco.

### 3.4 Tratamento de águas residuárias

O tratamento de águas residuárias é de grande importância à sociedade, pois está ligada diretamente ao bem estar social, e é um direito do cidadão Brasileiro conforme lei 11.445 de 5 de janeiro de 2007. Dentre os diversos compostos e elementos químicos presentes nas águas residuárias, o fósforo ganha um destaque especial, uma vez que é responsável pelo desenvolvimento de cianobactérias e cianotoxinas (CAMPINAS *et al.*, 2017). O tratamento de esgoto, em locais onde há quantidades significativas de fósforo, na maioria das vezes, não é fácil, além ser oneroso (MATOS *et al.*, 2012).

Nesse contexto, diversos estudos e pesquisas estão voltadas para o desenvolvimento de métodos alternativos para a remoção total ou a níveis aceitáveis do elemento fósforo dos efluentes, principalmente em águas residuárias.

O pó de balão, segundo o trabalho desenvolvido por Matos *et al.* (2012) apresenta alta capacidade de adsorção de fósforo, podendo ter uma potencial para utilização em sistemas de remoção do fósforo de águas residuárias. Está possível utilização do Charco é muito interessante para as indústrias, pois poderão utilizar este resíduo para auxiliar na remoção do fósforo e de possíveis metais pesados presentes na água.

## 4 Discussão e Conclusão

O Charco apesar de ser um resíduo classificado como perigoso pode ter algumas aplicações relevantes para a sociedade. Na literatura não consta-se entraves relacionados a sua utilização nas aplicações discutidas. Vale ressaltar que existem legislações específicas de cada município e/ou estado, devendo a fornecedora e o consumidor do resíduo atentar-se as leis vigentes da região onde são gerados. .

A análise de viabilidade técnica para destinação Charco, apresentou três principais aplicações que poderiam ser empregadas para este resíduo. A indústria cerâmica, que atualmente é a de maior aplicação para este resíduo, ainda emprega um volume muito baixo do Charco, além de apresentar a problemática dos gases tóxicos, responsáveis pela chuva ácida provenientes da queima do material.

As aplicação deste resíduo para agroindústria é a que apresenta melhor custo benefício, pois não tem nenhuma contra indicação, e exprime características positivas para o cultivo de diversas espécies de interesse econômico. Porém, esta aplicação se torna inviável para os locais distantes dos polos produtores do resíduo, devido ao meio de transporte, que encarece e inviabiliza a utilização do charco na agroindústria.

A utilização do Charco para remoção do ferro em fornos cubilôs apresenta-se como uma ótima solução para indústrias siderúrgicas integradas, uma vez que o resíduo pode ser inserido no forno cubilô como parte da carga. Porém, o material refratário tem sua vida reduzida



drasticamente e a produção de escória chega a 350 kg por tonelada de gusa, aumentando consideravelmente o volume gerado desse outro resíduo. Portanto, tal técnica ainda é inviável economicamente.

Já a aplicação do Charco com um adsorvato ainda é muito recente, necessitando de melhorias da técnica para aplicação em grande escala e/ou industriais. Porém, pela análise observa-se que o resíduo tem grande potencial para a remoção do fósforo de águas efluentes.

O Charco, apesar de ser um resíduo complexo, possui diversas aplicações que devem ser melhores difundidas, principalmente no âmbito das siderurgias. Outras alternativas de aplicações podem ser estudadas e desenvolvidas como o uso do resíduo no processo de pelletização em virtude do considerável teor de carbono que apresenta; na composição de outros materiais diferentes das cerâmicas, entre outros.

### Referências

Aproveitamento de resíduo siderúrgico em blocos cerâmicos argilosos. Belo Horizonte: **Exacta**, v. 6, n. 2, 2013. Semestral. Disponível em: <[www.unibh.br/revistas/exacta/](http://www.unibh.br/revistas/exacta/)>. Acesso em: 10 jun. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Classificação de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro, 1987.

BRASIL, Edilson Carvalho; NICOLI, Clarisse Maia Lana; OLIVEIRA, Raimundo Freire de. **Alternativas Tecnológicas para o Aproveitamento de Resíduos Gerados Durante o Processo de Produção de Ferro Gusa Voltadas para Utilização Agroflorestal: Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica Título da publicação**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 47 p.

CAMPINAS, Margarida et al. Tratamento de água com carvão ativado em pó/microfiltração cerâmica (PAC/MF) – quando e onde? **Águas e Resíduos**, [s.l.], n. 2, p.17-29, dez. 2017. APESB - Associação Portuguesa de Engenharia Sanitária e Ambiental. <http://dx.doi.org/10.22181/aer.2017.0202>.

Forno cubilô oferece novas possibilidades de tratamento de resíduos. **Fundição e Serviços**. São Paulo, outubro de 2002.

MATOS, Antonio Teixeira de *et al.* Isoterma de adsorção de fósforo em pó coletado no sistema de tratamento de efluentes atmosféricos gerados em indústria siderúrgica. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 3, n. 20, p.258-264, jul. 2012. Bimestral.

MILANEZ, Bruno; PORTO, Marcelo Firpo de Souza. **A ferro e fogo: impactos da siderurgia para o ambiente e a sociedade após a reestruturação dos anos 1990**. 2008. Disponível em:

<[https://www.researchgate.net/publication/278966503\\_A\\_ferro\\_e\\_fogo\\_impactos\\_da\\_siderurgia\\_para\\_o\\_ambiente\\_e\\_a\\_sociedade\\_apos\\_a\\_reestruturacao\\_dos\\_anos\\_1990](https://www.researchgate.net/publication/278966503_A_ferro_e_fogo_impactos_da_siderurgia_para_o_ambiente_e_a_sociedade_apos_a_reestruturacao_dos_anos_1990)>. Acesso em: 09 jun. 2018.



# SICIT 2018

Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

Universidade de Itaúna

OLIVEIRA, Fábio Ribeiro de; SILVEIRA, Camila Santos; ASSIS, Paulo Santos. Análise da Lama de Alto-Forno como Insumo em Siderúrgicas e Cerâmicas. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, Niteroi, Rj, v. 1, n. 12, p.21-25, 04 jul. 2017. Disponível em: <<http://www2.ufcg.edu.br/revista-remap/index.php/REMAP/article/view/498/415>>. Acesso em: 09 jun. 2018.

OLIVEIRA, Míriam Regina Cardoso de; MARTINS, Jader. Caracterização e classificação do resíduo sólido: estudo de um caso na região de Sete Lagoas/MG. **Química Nova**, [s.l.], v. 26, n. 1, p.05-09, jan. 2003. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422003000100002>.

SILVA, Aline Gonçalves da et al. Alterações em alguns atributos químicos do solo de cerrado tratado com pó de balão e cultivado com milho, sob condições controladas. In: FERTBIO, 1., 2012, Maceió. **Bienal**. Maceió: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012.