

ADAPTAÇÃO TECNOLÓGICA NO SISTEMA DE LAVAGEM DE GASES DE UMA INDÚSTRIA CERÂMICA EM ITABAIANA/SE

VITÓRIA CAROLINE OLIVEIRA SOUZA¹, FERNANDA DE SOUZA STINGELIN², JOSÉ JAILTON MARQUES³

¹ Engenheira Sanitarista e Ambiental, UFS, Aracaju-SE, vitoria.caroline.souza@gmail.com;

² Engenheira Sanitarista e Ambiental, UFS, Aracaju-SE, f.stingelin@hotmail.com;

³ Dr. em Engenharia Química, Prof. do DEAM, UFS, Aracaju-SE, tonilja@outlook.com;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
Palmas/TO – Brasil
17 a 19 de setembro de 2019

RESUMO: A indústria cerâmica vermelha apresenta significativos casos de corrosão de equipamentos em contato com efluentes industriais no sistema de lavagem de gases. Este estudo aborda a reciclagem dos efluentes industriais e propõe uma adequação tecnológica simples e econômica no sistema de controle das emissões atmosféricas a partir de um estudo de caso na cerâmica X em Itabaiana, Sergipe. Dessa forma, resolve-se o problema associado aos efluentes líquidos mediante o reuso no próprio processo, com um tratamento de baixo custo, e reduz-se o consumo de água nova no processo e, conseqüentemente, o impacto ambiental da indústria.

PALAVRAS-CHAVE: Poluição atmosférica, reuso de efluentes, indústria ceramista.

TECHNICAL ADAPTATION TO THE GASES WASH SYSTEM OF A CERAMIC INDUSTRY IN ITABAIANA / SE

ABSTRACT: The red ceramic industry presents significant cases of corrosion of equipment in contact with industrial effluents in the system of gas washing. This study deals with the recycling of industrial effluents and proposes a simple and economical technological adequacy in the atmospheric emissions control system, based on a case study of the X ceramics in Itabaiana, Sergipe. In this way, the problem associated with liquid effluents is solved by reusing it in the process, with a low cost treatment, and reduces the consumption of freshwater in the process and, consequently, the environmental impact of the industry as a whole.

KEYWORDS: Atmospheric pollution, reuse of effluents, ceramist industry.

INTRODUÇÃO

Os materiais cerâmicos mais comuns são tijolos, telhas e lajotas, compostos por óxidos, carbetos e nitretos (USEPA, 2016b). A maior produção cerâmica industrial brasileira está concentrada nas regiões Sul e Sudeste. Porém, o Nordeste tem apresentado um desenvolvimento relevante desse setor, devido à disponibilidade de matéria-prima, energia viável e mercado consumidor, principalmente da construção civil (FEAM, 2013).

Este setor possui a argila como principal matéria-prima, a qual, quando umedecida, gera uma massa dúctil e moldável, transformando-se em peças resistentes à tração e à compressão depois da vitrificação, resultante da calcinação em temperaturas elevadas, acima de 1000° C, consumindo grande quantidade de energia (CALLISTER, 1991).

No que tange aos aspectos ambientais dessa atividade, não há apenas as emissões para a atmosfera, gases e cinzas, mas também tem as descargas de águas residuárias, sanitárias e industriais, e a geração de resíduos sólidos. Para controlar os impactos ambientais dessa atividade, há que se aplicar medidas de prevenção e/ou controle da poluição ao processo produtivo, respeitando as

especificações legais e reguladoras que determinam padrões de qualidade ambiental a serem seguidos (FERRARI, 2001).

Associando-se à deficiente conscientização ambiental da sociedade e à pressão por parte dos órgãos ambientais reguladores nacionais (LENZI, E. & FAVERO, L.O.B., 2011), bem como à necessidade de produzir de modo menos agressivo ao meio ambiente, encontra-se o maior desafio que está em encarar uma questão bastante complexa: a mudança cultural (OLIVEIRA, Y. L., LINHARES JÚNIOR, Z., ANCELMO L., SOARES R. A. L., 2016).

Portanto, as etapas do processo produtivo, os aspectos ambientais, as bases reguladoras de prevenção, controle e monitoramento foram essenciais para um bom planejamento e para alcançar o objetivo desse estudo, visando à produção mais limpa para o setor da indústria de cerâmica vermelha (SEVERO; GUIMARÃES; DORION, 2016).

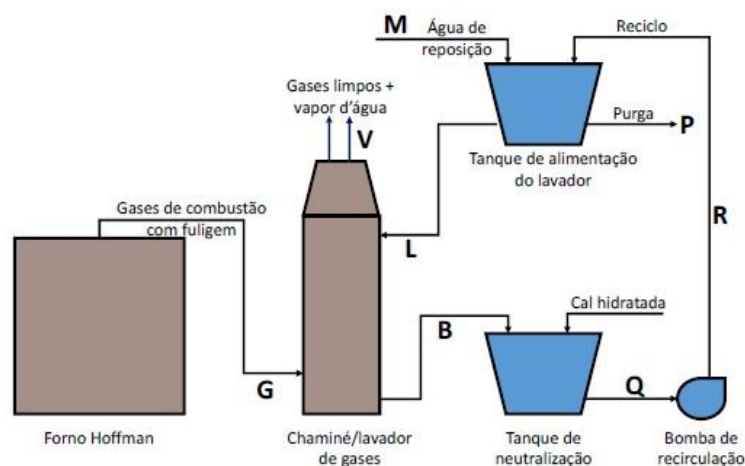
MATERIAL E MÉTODOS

O empreendimento utilizado como estudo de caso foi uma indústria cerâmica vermelha, localizada no município de Itabaiana, no estado de Sergipe, codificada como Cerâmica X.

Inicialmente, foi necessário o mapeamento do processo produtivo, que se inicia com aquisição das argilas, recebidas e armazenadas na unidade fabril, cujo fluxograma de produção contempla: beneficiamento, conformação e o tratamento térmico. A etapa do beneficiamento representa a preparação da massa cerâmica através do sazonzamento, dosagem e alimentação, controle de umidade, moagem, desintegração e laminação da argila. Já a etapa de conformação compreende a extrusão e o corte. Por fim, ocorre a etapa de tratamento térmico, onde a peça conformada é submetida à secagem natural ou artificial para então ser queimada no forno. Por fim, uma avaliação de trincas e coloração é feita, finda a qual o produto está pronto para ser comercializado (GODINHO, 2015).

No contexto da poluição atmosférica, a indústria cerâmica, pela natureza do processo de calcinação (queima) das peças e pela quantidade de indústrias existente no país, representa um significativo potencial de impacto ambiental, sobretudo com efeitos negativos sobre a qualidade do ar, quer seja pela queima de lenha, quer pelo consumo de gás natural. A corrente gasosa do processo de calcinação contém materiais particulados e gases ácidos, decorrente do arraste de cinzas (*“fly ash”*), partículas de materiais minerais que se desprendem das peças, bem como de gases ácidos gerados no processo de combustão, a saber: CO_2 , NO_x , SO_x e HF, sendo este último oriundo dos flúor-silicato que integra a composição das argilas. Observa-se que a situação operacional atual do sistema de controle da poluição atmosférica está descrita, em linhas gerais, conforme a configuração mostrada na Figura 1, sem riqueza de detalhes em B.

Figura 1. Sistema de lavagem de gases atual da indústria cerâmica X.



Referente aos resíduos, tem-se o material cru e as cinzas sobrenadantes ao efluente líquido, que são reinseridos ao início do processo, misturando-os à argila. Ainda, há geração de cascalhos, resultado da quebra no momento de empilhamento que são aproveitados no reparo da pavimentação das vias internas e externas, nas proximidades da fábrica. Aqueles blocos que apresentam apenas colorações e trincas, que estão fora das especificações de qualidade comercial, são aproveitados para fechar as portas do forno antes da queima.

Com base na literatura especializada e na realização de ensaios com o efluente industrial, destacando-se o teste de sedimentação e o teste de jarro, propôs-se a adaptação no sistema.

Segundo Cremasco (2012), o ensaio de sedimentação em proveta é uma maneira simples de estudar o mecanismo da sedimentação, que se baseia na medida das alturas das interfaces formadas no sistema ao longo do tempo, proporcionando dados para a construção da curva de sedimentação e para o projeto do sedimentador. Com a motivação de definir o tempo em que as partículas em suspensão no efluente bruto levam para sedimentar, foi feito o teste numa proveta com capacidade de 1000 mL.

O aparelho de *jar test* é muito utilizado nas indústrias, principalmente nas estações de tratamento de água ou de tratamento físico-químico de efluentes. Eles são usados na determinação da dose ótima de um agente coagulante necessária para desestabilizar a suspensão coloidal e realizar a coagulação-floculação, segundo Bouyer; Escudíé; Liné et al. (2005). Normalmente, são usados o sulfato de alumínio, $Al_2(SO_4)_3$, ou o cloreto férrico, $FeCl_3$, como os principais agentes coágulo-floculantes. Neste trabalho, foi utilizado o *jar test* modelo JT 120 Milan®, composto por três jarros.

Cada jarro foi alimentado com um litro e meio (1,5 L) de efluente bruto. A partir do resultado do teste de acidez conduzido por titulação potenciométrica, determinou-se a quantidade de base necessária à alcalinização do meio (adotou-se pH final 8), adicionando-se o volume de solução de NaOH 0,9703 mol/L proporcional ao volume de efluente dos jarros. Em seguida, procedeu-se ao teste, adotando-se o seguinte programa: adição do agente coagulante, $Al_2(SO_4)_3$, a 5% (m/v), sendo 0,9 mL no jarro 1 e 1,8 mL no jarro 2 (no jarro 3 não houve adição de sulfato de alumínio para fins de comparação); rotação das pás na velocidade de 120 rpm por 3 minutos, correspondente à mistura rápida (no ato da adição do agente coagulante), seguido por 15 minutos de agitação lenta a 20 rpm. Finalizada essa etapa, foi observado o tempo de sedimentação das partículas aglomeradas em intervalos de tempo de 5 minutos, até a clarificação do meio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Cerâmica X desenvolve boa parte da sua produção com forte influência do comportamento rudimentar das olarias, voltadas a uma produção mais artesanal, mas possui alguns recursos tecnológicos mais modernos, a exemplo do lavador de gases, o que representa um avanço, fruto do aumento do rigor da legislação ambiental brasileira e do trabalho de fiscalização do órgão de controle ambiental estadual.

De acordo com os dados de projeto do lavador de gases, o sistema opera com uma vazão de líquido de lavagem (L) de 4 a 5 m³/h, correspondentes a uma razão L/G de 0,3 a 2 L/m³. A temperatura do líquido de lavagem durante a operação normal atinge cerca de 45°C. Devido à incorporação da fuligem coletada, à dissolução dos gases ácidos e à adição de cal hidratada no tanque de neutralização, a composição do líquido de lavagem muda durante o ciclo de saturação.

O ciclo de saturação pré-existente, segundo informações do gerente da indústria, era de 15 dias, porém não se dispunha de dados confiáveis sobre as perdas por evaporação (vapor d'água presente na corrente V) nem sobre a vazão de purga (P). O fato é que a concentração de sólidos, o pH e a dureza da solução de lavagem devem ser as variáveis que controlam o tempo de residência do líquido de lavagem, pois, se o pH baixar muito (por dosagem insuficiente de cal hidratada) há corrosão dos equipamentos que integram o sistema ou se os teores de cálcio e de sólidos suspensos subirem muito, o sistema se torna vulnerável à formação de incrustações inorgânicas (devido à precipitação de sais) e a obstruções dos bicos injetores tanto por incrustações quanto pelo depósito de sujeira oriunda dos sólidos suspensos.

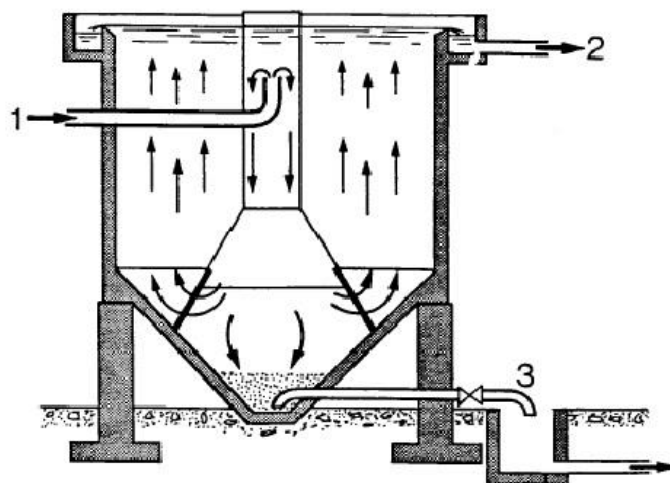
Do exposto e levando em conta os resultados obtidos no estudo, pode-se afirmar que há oportunidades de melhorias no sistema. Para tanto, é imprescindível a neutralização do efluente bruto, já que o pH do líquido de lavagem apresentava-se demasiadamente baixo, devido à absorção de gases ácidos oriundos da combustão na fornalha e da calcinação dos blocos, com valores de pH de 2 a 3.

Dessa forma, recomenda-se o monitoramento contínuo do pH do líquido de lavagem e o ajuste da dosagem da cal hidratada, de modo a manter o pH na faixa levemente alcalina, a fim de assegurar a boa absorção dos gases ácidos. Portanto, neste caso, recomenda-se operar o sistema com pH em torno de 8,0. Valores mais elevados desse parâmetro favorece o deslocamento do sistema envolvendo carbonatos para a formação da espécie CO_3^{2-} , com aumento da tendência incrustante no sistema, devido à precipitação do carbonato de cálcio, CaCO_3 . Sob pH 8,0, predominarão os íons bicarbonato, HCO_3^- , cujos sais correspondentes são mais solúveis, reduzindo a tendência incrustante.

Para auxiliar no controle da neutralização do líquido de lavagem, recomenda-se a aquisição de um medidor de pH do mesmo ao longo da operação e, com base nas curvas de neutralização, realizar cálculos para corrigir a dosagem da cal, levando em conta que a cal hidratada tem fórmula $\text{Ca}(\text{OH})_2$ e, portanto, cada mol desse composto equivale a 2 mols de hidróxido de sódio, NaOH , em termos de capacidade neutralizante, sem levar em conta a pureza da cal, que deve ser conhecida para fins de correção no preparo das soluções.

Os ensaios de neutralização e o teste de jarro mostraram que a separação dos sólidos suspensos (predominantemente fuligem) no sistema é relativamente fácil, bastando apenas elevar o pH do líquido de lavagem para valores próximos de 8,0. Nessa condição, há uma floculação natural atribuída à ação dos cátions polivalentes (sobretudo o cálcio), que desestabiliza a suspensão coloidal e promove a coagulação-floculação-sedimentação no meio, desde que se promova uma mistura rápida no meio, no ato da adição do agente neutralizante (cal hidratada), seguida de uma agitação suave e posterior repouso. Isto é o que acontece num sistema de clarificação compacto, composto por um sedimentador (Figura 2).

Figura 2. Sedimentador para o sistema de tratamento dos efluentes industriais.



Fonte: Google Imagens, 2016.

Esse equipamento poderá substituir parte da estrutura existente, aproveitando-se um dos tanques para servir como tanque de mistura rápida, onde será adicionada a cal, sob agitação. Do tanque de mistura rápida, o efluente já coagulado entra no tanque proposto na Figura 2 pela tubulação (1), seguindo para a câmara onde ocorrerá a floculação e daí para a zona periférica de sedimentação (parte cilíndrica anular), produzindo a corrente clarificada (2) e a corrente contendo os sólidos separados (3).

Como por esse tanque deverá passar todo o líquido de lavagem, com vazão entre 4 e 5 m^3/h (adotaremos o valor médio 4,5 m^3/h), e levando em conta que a sedimentação da fuligem floculada é rápida, conforme observou-se no teste de jarro, adotando-se um tempo de residência típico entre 2,5 e 4,0 horas para sedimentadores com escoamento turbulento (usaremos 4,0 h por razões conservativas), tem-se um volume útil dado por $V_s = Q \cdot \Delta t$, sendo que o parâmetro “ V_s ” representa o volume do sedimentador, já o “ Q ” significa a vazão de alimentação e o “ t ” trata-se do tempo de detenção hidráulica. Daí, tem-se o volume de sedimentação de 18 m^3 .

Evidentemente, caso o proprietário da Cerâmica X tenha interesse em executar as modificações sugeridas, pode-se refinar o dimensionamento do sistema, realizando um ensaio de sedimentação em batelada com a suspensão floculada após a neutralização ou até com o uso de agente coagulante (sulfato de alumínio, cloreto férrico ou sulfato férrico), a fim de otimizar o projeto. Tais ensaios não foram possíveis por decurso de prazo para finalização do presente estudo.

CONCLUSÃO

A proposta de modificação do sistema conta com equipamentos acessíveis tais como sedimentador, agitadores mecânicos e bombas, além de substância neutralizante econômica como a cal hidratada.

Adotando-se tal adequação haverá uma economia de cerca de 18 mil litros de água antes descartada do sistema, tornando o ciclo quase fechado no sistema de lavagem de gases.

REFERÊNCIAS

- USEPA. Ceramic products manufacturing. Disponível em <<https://www3.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch11/bgdocs/b11s07.pdf>>, acessado em 08 de setembro de 2016 (b).
- TOCCHETTO, Domingos. Perícia ambiental criminal. 3ª edição. Campinas, SP: Millennium Editora, 2014.
- USEPA. Air Resources. Disponível em < <https://www.epa.gov/learn-issues/air-resources#air-pollution>>, acessado em 23 de outubro de 2016 (a).
- FERRARI, Katia Regina; FILHO, Paulo Miranda de Figueiredo. Normas Técnicas e Legislações Ambiental para Indústria de Revestimentos Cerâmicos Brasileira Parte 2: Normas Técnicas. Revista Eletrônica Cerâmica Industrial, v. 6, n. 1, jan-fev. 2001.
- FEAM. Guia técnico ambiental da indústria cerâmica vermelha. Belo Horizonte, MG. 2013.
- GODINHO, Henrique Araújo; PACHECO, Diego Augusto de Jesus; CATEN, Carla Schwengber, JUNG, Carlos Fernando. Redução do impacto ambiental na produção de cerâmicas: implicações e análise de investimentos. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria, v. 19, n. 3, p. 112-123, set-dez. 2015.
- CALLISTER, Willian D.; RETHWISCH, David G. Materials science and engineering: an introduction. 7ª edição. Editora: John Wiley & Sons, Inc., New York -NY, 1991.
- SEVERO, E.A.; GUIMARÃES, J.C. Ferro de; DORION, E.C. Henri. Cleaner production and environmental management as sustainable product innovation antecedents: A survey in Brazilian industries. Journal of Cleaner Production. 2016. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.06.090.
- OLIVEIRA, Y. L., LINHARES JÚNIOR, Z., ANCELMO L., SOARES R. A. L. Estudo da Reutilização de Resíduos de Telha Cerâmica (Chamote) em formulação de massa para blocos cerâmicos. Revista Cerâmica Industrial. São Paulo. p. 45-50. 2016.
- LENZI, Ervim, FAVERO, Luzia Otilia Bortotti. Introdução à química da atmosfera: ciência, vida e sobrevivência. Editora LTC. 2ª edição. Rio de Janeiro. 2011.