

## O Método dos Cinco Passos: Uma Forma Racional de se buscar a Adequação Ambiental na Indústria Cerâmica

**Paulo Miranda de Figueiredo Filho<sup>1</sup>, Kátia Regina Ferrari<sup>1</sup> e Anselmo O. Bosch<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Instituto de Geociências e Ciências Exatas - UNESP*

*Departamento de Petrologia e Metalogenia*

*Rua 24A no. 1515, 13504-900 Rio Claro - SP*

*<sup>2</sup>Laboratório de Revestimentos Cerâmicos - LaRC*

*Departamento de Engenharia de Materiais - DEMa*

*Universidade Federal de São Carlos - UFSCar*

*Rodovia Washington Luiz Km 235, 13565-905 São Carlos - SP*

*e-mail: daob@power.ufscar.br*

**Resumo:** O emprego adequado da tecnologia de fabricação de revestimentos cerâmicos pode levar a uma considerável redução dos teores de resíduos gerados pelo processo produtivo. Além disso, pode-se reutilizar os resíduos no próprio processo industrial.

Os caminhos que levam a adequação ambiental não são necessariamente complicados, entretanto exigem planejamento, organização, o estabelecimento de objetivos possíveis de serem alcançados além da identificação das principais fontes geradoras de resíduos. O “método dos cinco passos” tem por objetivo facilitar a busca racional da adequação ambiental.

**Palavras-chaves:** meio ambiente, indústria cerâmica, rejeitos industriais

### 1. Introdução

Uma das exigências mais prementes para um empreendimento fixar-se num mercado cada vez mais competitivo e preocupado com as questões ambientais é a sua adequação ambiental. Para atingi-la é preciso planejamento e organização dos procedimentos, estabelecendo-se metas factíveis, identificando-se as causas, buscando-se, prioritariamente, resolver os problemas mais simples e implantando-se as medidas corretivas necessárias.

Para realizar a avaliação de impactos ambientais de um empreendimento é importante ter conhecimento do processo produtivo e suas peculiaridades, afim de que os critérios de avaliação a serem estipulados sejam compatíveis com os riscos e a complexidade das instalações avaliadas. Este conhecimento pode ser adquirido por meio do

detalhamento da seqüência produtiva, para que nenhuma informação deixe de ser anotada<sup>3</sup>. Este procedimento é o mesmo que o adotado numa auditoria ambiental para avaliação do Sistema de Gestão Ambiental da série de Normas ISO 14.000<sup>2</sup>.

Neste contexto, desenvolveu-se a metodologia dos cinco passos para adequação ambiental, aplicada na avaliação do processo de fabricação de revestimentos cerâmicos, podendo ser aplicada a qualquer outro setor, uma vez consideradas as especificidades de cada um.

Este método não é suficiente para conferir a certificação ambiental ao empreendimento, porém o precede. Por constituir uma ferramenta de gestão e de melhoria contínua, obtendo-se informações qualitativas e quantitativas anotadas e organizadas nas fichas indi-

cadadas para cada passo, o método dos cinco passos indicará a posição atualizada do empreendimento em relação ao meio ambiente, fornecendo dados para a elaboração de um mapeamento, do ponto de vista ambiental, do processo produtivo, pela hierarquização dos resíduos gerados nas diferentes etapas quanto aos seus efeitos poluidores. Estas informações estarão subsidiando a indicação de medidas corretivas pontuais e específicas para cada não conformidade observada, além do acompanhamento de sua eficiência, por meio da comparação das documentações obtidas nas avaliações. O método dos cinco passos para adequação ambiental permite à empresa realizar a identificação dos aspectos ambientais, com base nos requisitos legais aplicáveis, estabelecendo práticas e procedimentos relativos à gestão ambiental e prevenção à poluição.

## 2. Metodologia

O método dos cinco passos para adequação ambiental é um conjunto de ações que torna mais fácil a identificação de problemas ambientais de um empreendimento. Seguindo cada um dos passos é possível estabelecer quanto a empresa está poluindo, obter informações sobre quais os locais do processo produtivo que geram resíduos. Destes locais, identificar quais geram resíduos perigosos, a quantidade de resíduos gerada e, principalmente, tomar decisões para controlar e diminuir os impactos ambientais do empreendimento. A aplicação do método dos cinco passos na indústria de revestimentos cerâmicos seguiu um planejamento definindo-se o objetivo geral a ser alcançado, organizando as atividades conforme o fluxograma apresentado na Fig. 1.

## 3. Aplicação do Método

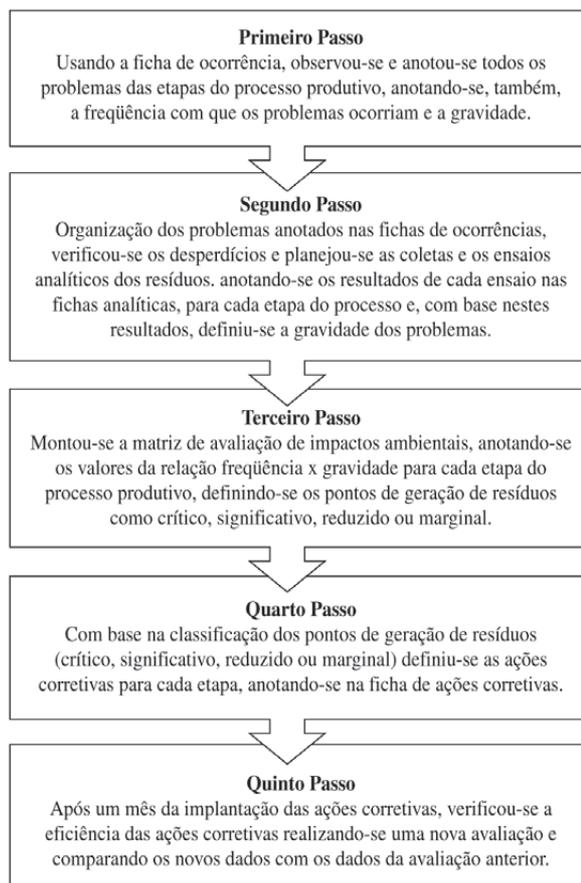
### 3.1.1. Planejamento

Para se buscar a adequação ambiental da indústria de revestimentos cerâmicos, estabeleceu-se o seguinte objetivo geral “Estabelecer a posição atualizada do empreendimento em relação ao meio ambiente”. Com o propósito de atingi-lo, foram definidas ações, organizadas nos cinco passos, abaixo listados, estabelecendo, para cada um, objetivos e metas intermediários:

- 1º passo: Identificar os pontos de geração de resíduos
- 2º passo: Caracterizar os resíduos
- 3º passo: Identificar o efeito poluidor de cada ponto
- 4º passo: Estabelecer ações corretivas
- 5º passo: Acompanhamento

Com isto, foi possível organizar as informações e, ao mesmo tempo, documentar os aspectos ambientais de cada etapa do processo produtivo, subsidiando o controle ambiental do processo para a sua melhoria ambiental contínua.

### PLANEJAMENTO DEFINIÇÃO DO OBJETIVO GERAL



**Figura 1.** Fluxograma esquemático da organização do método dos cinco passos.

### 3.1.2. Primeiro Passo: Identificação dos Pontos de Geração de Resíduos

O objetivo do primeiro passo foi o de identificar os resíduos gerados em cada etapa do processo produtivo, para obter o levantamento dos aspectos ambientais do processo produtivo. Este detalhamento foi anotado na Ficha de Ocorrência exemplificada pela Fig. 2.

Utilizando-se a Ficha de Ocorrência (Fig. 2) foram anotadas as não conformidades, do ponto de vista ambiental, de cada etapa do processo produtivo, organizada na Tabela 1.

Estas informações, anotadas nas fichas de ocorrência elaboradas para cada etapa do processo produtivo, subsidiaram a definição dos parâmetros de avaliação quanto à frequência e gravidade de cada ocorrência, contribuindo para o estabelecimento de critérios nas tomadas de decisões para a implantação de ações corretivas e o controle de perdas, bem como na elaboração de um planejamento de amostragem para a caracterização dos resíduos.

FICHA DE OCORRÊNCIA		No. 08
NOME DA EMPRESA:		
ENDEREÇO:		
RESPONSÁVEL PELA AVALIAÇÃO: Paulo Miranda		Visto: <i>jm</i>
DATA: 07/03/2001	HORA: 13:45	
SETOR: Serigrafia		
ETAPA: Linha de decoração		
ENCARREGADO DO SETOR: XXXXX		
PRODUTO (NOME OU CÓDIGO): XXXXXXX		
TIPO DE RESÍDUO GERADO <input checked="" type="checkbox"/> SÓLIDO <input checked="" type="checkbox"/> LÍQUIDO <input type="checkbox"/> GASOSO		
DESCRIÇÃO DOS PROBLEMAS OBSERVADOS		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Notaram-se, em toda a extensão da linha de decoração, desníveis e desalinhamento entre os segmentos das esteiras. Os desníveis acentuados, com velocidades diferentes entre os segmentos geram queda de peças, especialmente nas curvas.</li> <li>• Na etapa de aplicação do engobe, verificou-se que o material aplicado escorria pelas correias, caindo grande parte no chão, além de sujar a parte inferior das peças, podendo ficar impregnado nas esteiras e nos roletes do forno durante a queima;</li> <li>• O efluente líquido e os resíduos sólidos gerados pela lavagem dos equipamentos são captados pelas canaletas, contaminando peças quebradas e não recolhidas, aumentando, desta forma, sobretudo, o volume de resíduos.</li> </ul>		

**Figura 2.** Ficha de Ocorrência para anotação de irregularidades ambientais e de outros aspectos relevantes.

### 3.1.3. Segundo Passo: Caracterização dos Resíduos

O objetivo deste passo foi o de caracterizar resíduos sólidos e efluentes líquidos gerados nas diferentes etapas do processo produtivo, para atingir os valores estabelecidos pela legislação vigente, ou abaixo dela, quanto a concentração de metais tóxicos. Os resultados que se apresentaram acima da legislação estadual vigente<sup>1,7</sup> foram organizados nas fichas analíticas, conforme a Fig. 3, além de refinar, com dados quantitativos, os parâmetros de avaliação, quanto à gravidade destes resíduos, complementando as informações das fichas de ocorrência.

### 3.1.4. Terceiro Passo: Identificação do Efeito Poluidor de cada Etapa

O objetivo deste terceiro passo foi o de hierarquizar os pontos de geração de resíduos de cada etapa do processo produtivo.

A priorização ou hierarquização dos pontos de geração de resíduos foi obtida após a definição do efeito poluidor de cada um destes pontos. O efeito poluidor foi definido relacionando a frequência que os problemas ocorrem (Tabela 2) com a gravidade destes problemas (Tabela 3).

Para definir o efeito poluidor, deve-se multiplicar o peso da frequência pelo peso da categoria de gravidade atribuídos ao mesmo resíduo da etapa do processo produtivo que está sendo avaliada. A Matriz de Risco<sup>6</sup>, apresentada pela Fig. 4, relaciona os pesos de frequência e de gravidade.

O produto, obtido pela multiplicação do peso da frequência pelo peso da gravidade, indicará uma das quatro classificações para o efeito poluidor:

**Efeito Crítico:** igual ou superior a 9 pontos;

**Efeito Significativo:** inferior a 9 e superior a 6 pontos;

**Efeito Reduzido:** igual ou inferior a 6 e igual ou superior a 4 pontos

**Efeito Marginal:** inferior a 4 pontos.

A seguir é apresentada uma exemplificação para a determinação do efeito poluidor, utilizando-se os níveis de Frequência e de Gravidade aplicados na matriz de risco.

Considerando-se uma etapa onde ocorra desperdício de matéria-prima (critério atribuído à gravidade com peso 3), várias vezes no decorrer do processo (critério atribuído à frequência com peso 3). Aplicando-se estes pesos à matriz de risco, obtém-se a caracterização de um efeito poluidor crítico de valor 9, conforme ilustrado pela Fig. 5:

Aplicando-se os critérios estabelecidos para os níveis

**Tabela 1.** Organização das observações anotadas nas fichas de ocorrências elaboradas para cada etapa do processo de fabricação de revestimentos cerâmico.

ETAPAS DO PROCESSO	OBSERVAÇÕES	GRAVIDADE E FREQUÊNCIA
Abastecimento dos Silos	No descarregamento da massa cerâmica para o abastecimento dos silos, ocorre a geração de materiais particulados em quantidades significativas, em grande parte devido a entupimentos. A causa destes entupimentos pode ser a incrustação de matérias-primas nas paredes internas do tanque do caminhão e nas paredes internas da tubulação que abastece os silos, devido a eventuais aumentos de umidade na massa.	Quanto a gravidade, considerou-se que há geração moderada de resíduos, que poderão ser reaproveitados, e sua frequência, em relação as atividades do processo produtivo, observou-se que ocorre algumas vezes no decorrer do processo.
Silos	Nas paredes internas dos silos pode haver material incrustado. A remoção desse material das paredes internas dos silos pode gerar resíduo o qual será descartado em aterro preenchendo antigas cavas de lavra de argila.	Considerou-se, quanto a gravidade, que pode haver geração moderada de resíduos, os quais não serão reaproveitados. A frequência observada foi a que há apenas alguma expectativa de ocorrência durante as atividades do processo produtivo
Esteira para prensa	Geração de materiais particulados.	Durante esta etapa verificou-se, quanto a gravidade, que ocorre uma baixa geração de materiais particulados e a frequência verificada é que ocorre permanentemente quando iniciada a atividade.
Sistema Filtros Manga	O sistema de captação dos particulados gerados durante a prensagem das peças recolhe em filtros do tipo manga de maneira eficiente. Todavia, o material coletado é descartado em aterros localizados em cavas antigas, juntamente com outros materiais, não sendo reaproveitado, gerando poluição na coleta, no transporte e na disposição final.	Observou-se que há geração moderada de resíduos, ocorrendo várias vezes no decorrer do processo produtivo.
Prensas	Os particulados são captados pelo sistema de filtros, restando para ser captado os resíduos da peneira, que são recolhidos em carrinho de mão e descartado junto com os demais resíduos.	A geração de resíduos foi considerada desprezível, ocorrendo várias vezes durante o processo
Estufas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Devido ao desalinhamento das esteiras e mesas de saída da estufa, observou-se que durante o transporte ocorre quebra de peças não queimadas, consideradas como resíduos não tóxicos.</li> </ul>	Nesta etapa, notou-se que há geração moderada de resíduos e que, quanto à sua frequência, notou-se que ocorre várias vezes no decorrer do processo.
Preparação de tintas e vidrados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A lavagem dos moinhos ocorre a cada troca de cor da massa de decoração, gerando efluentes líquidos e resíduos sólidos contendo metais tóxicos.</li> <li>• O abastecimento das linhas de decoração com pastas e engobes é feito por girândolas carregadas por empilhadeiras que ocasiona eventuais derramamentos ao carregar as <i>vascas</i>.</li> </ul>	A gravidade observada foi que há desperdício de insumos, ocorrendo várias vezes no decorrer do processo.
Linha de Decoração	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Notaram-se, em toda a extensão da linha de decoração, desníveis e desalinhamento entre os segmentos das esteiras. Os desníveis acentuados, com velocidades diferentes entre os segmentos geram queda de peças, especialmente nas curvas.</li> <li>• Na etapa de aplicação do engobe, verificou-se que o material aplicado escorria pelas correias, caindo grande parte no chão, além de sujar a parte inferior das peças, podendo ficar impregnado nas esteiras e nos roletes do forno durante a queima.</li> <li>• O efluente líquido e os resíduos sólidos gerados pela lavagem dos equipamentos são captados pelas canaletas, contaminando peças quebradas e não recolhidas, aumentando, desta forma, sobremodo, o volume de resíduos.</li> <li>• Não há um sistema de coleta de respingos sob toda a extensão das esteiras que atravessam as cabines de aplicação, nem um sistema de proteção sobre as canaletas para evitar a entrada de peças decoradas quebradas no sistema de tratamento de efluentes líquidos.</li> <li>• Observou-se ainda, que as <i>vascas</i> contendo engobe e pastas para abastecimento da linha de decoração apresentavam-se muito cheias, possibilitando derramamentos de material.</li> </ul>	Em cada uma destas observações há desperdício de matéria-prima e de insumos e, como a linha de decoração é uma atividade contínua, considerou-se que as não conformidades observadas ocorrem permanentemente quando iniciada as atividades de produção.

de gravidade e de frequência na matriz de risco para a avaliação do processo de fabricação de revestimentos cerâmicos, tendo como base as anotações das Fichas de Ocorrências e Fichas Analíticas, obtém-se a classificação das etapas quanto ao efeito poluidor, conforme apresentado na Tabela 4.

Organizando estas informações na Matriz de Avaliação de Impactos Ambientais (Fig. 6), obtém-se a hierarquização dos pontos de geração de resíduos, fornecendo um mapeamento ambiental do processo produtivo

de acordo com a classificação de cada etapa conforme o grau de contribuição do seu efeito poluidor (crítico, significativo, reduzido ou marginal)<sup>4</sup>, subsidiando a indicação de medidas corretivas pontuais e específicas para cada não conformidade observada.

### 3.1.5. Quarto Passo: Estabelecimento das Ações Corretivas

No quarto passo, o objetivo foi o de estabelecer medidas corretivas para atenuar o efeito poluidor identificado

**Tabela 2.** Níveis de frequência ou probabilidade de ocorrência de impactos ambientais negativos.

Peso	Descrição
5	Ocorre permanentemente quando iniciada a atividade.
4	Irá ocorrer várias vezes no decorrer do processo.
3	Irá ocorrer algumas vezes no decorrer do processo.
2	Não se espera que ocorra ao longo do processo (embora haja alguma possibilidade).
1	Pode-se assumir que não irá ocorrer durante o processo.

Fonte: (Ferrari *et al.*, 1999).

**Tabela 3.** Categorias de Gravidade dos impactos ambientais negativos.

Peso	Descrição
4	Concentrações de metais tóxicos muito acima dos limites máximos estabelecidos pela legislação vigente/Desperdício notável de matérias-primas ou insumos.
3	Desperdício de matérias-primas ou insumos/concentrações de metais tóxicos um pouco acima dos limites máximos estabelecidos pela legislação vigente.
2	Geração moderada de resíduos/Concentrações de metais tóxicos iguais aos limites máximos estabelecidos pela legislação vigente.
1	Concentrações de metais tóxicos abaixo dos limites máximos estabelecidos pela legislação vigente/Geração desprezível de resíduos/Reaproveitamento dos resíduos.

Fonte: (Ferrari *et al.*, 1999).

FICHA ANALÍTICA						Nº. 01
Nome ou Razão Social:					Data de elaboração: 16/03/2001	
Responsável pela avaliação: Kátia R. Ferrari				Visto:	Hora: 14:30	
ETAPA	RESÍDUO	TIPO DE ENSAIO	VALOR ENCONTRADO	VALOR MÁXIMO LEGALMENTE ESTABELECIDO	OBSERVAÇÕES	
Linha de decoração	SÓLIDOS	Raspa	FRX	7441 mg.kg <sup>-1</sup>	1000 mg.kg <sup>-1</sup>	Elemento Químico chumbo
	LÍQUIDOS	Lavagem da linha	AA	0,6 mg.L <sup>-1</sup>	0,5 mg.L <sup>-1</sup>	Elemento Químico chumbo
	GASOSOS					

**Figura 3.** Ficha Analítica para organização e classificação dos resíduos segundo a legislação vigente.

Frequência ou Probabilidade	5	5	10	15	20
	4	4	8	12	16
	3	3	6	9	12
	2	2	4	6	8
	1	1	2	3	4
	X	1	2	3	4
					Gravidade

**Figura 4.** Matriz de Risco (Fonte: Moura, 1998).

Frequência ou Probabilidade		5	5	10	15	20
		4	4	8	12	16
		3	3	6	9	12
		2	2	4	6	8
		1	1	2	3	4
		X	1	2	3	4

**Figura 5.** Simulação do uso da matriz de risco para obtenção do efeito poluidor de acordo com os critérios estipulados para os níveis de Frequência e de Gravidade.

**Tabela 4.** Classificação das etapas do processo de fabricação de revestimentos cerâmicos quanto ao efeito poluidor, estabelecido conforme os dados de gravidade e de frequência observados.

ETAPAS DO PROCESSO	AVALIAÇÃO (GRAVIDADE × FREQUÊNCIA)	PRODUTO	CLASSIFICAÇÃO
Abastecimento dos Silos	Geração moderada de resíduos (peso 2), que poderão ser reaproveitados, ocorrendo algumas vezes no decorrer do processo (peso 3).	6	Efeito poluidor reduzido
Silos	Geração moderada de resíduos (peso 2), porém não se espera que ocorra ao longo do processo (embora haja alguma possibilidade). (peso 2).	4	Efeito poluidor marginal
Esteira para prensa	Geração desprezível de resíduos (materiais particulados) (peso 1), ocorrendo permanentemente quando iniciada a atividade (peso 5).	5	Efeito poluidor reduzido
Sistema Filtros Manga	Geração moderada de resíduos (peso 2), ocorrendo várias vezes no decorrer do processo (peso 4)	8	Efeito poluidor significativo
Prensas	Geração desprezível de resíduos (peso 1), ocorrendo várias vezes durante o processo (peso 4).	4	Efeito poluidor marginal
Estufas	Geração moderada de resíduos (peso 2), que ocorre várias vezes no decorrer do processo (peso 4).	8	Efeito poluidor significativo
Preparação de tintas e vidrados	Desperdício de matérias-primas ou insumos, apresentando concentrações de metais tóxicos um pouco acima dos limites máximos estabelecidos pela legislação vigente. (peso 3), ocorrendo várias vezes no decorrer do processo (peso 4).	12	Efeito poluidor crítico
Linha de decoração	Desperdício de matérias-primas ou insumos, apresentando concentrações de metais tóxicos um pouco acima dos limites máximos estabelecidos pela legislação vigente. (peso 3), ocorrendo permanentemente quando iniciada a atividade (peso 5).	15	Efeito poluidor crítico

MATRIZ DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS Nº 001											
NOME DA EMPRESA:											
ENDEREÇO:											
RESPONSÁVEL PELA AVALIAÇÃO: Paulo Miranda e Kátia Ferrari Visto: <i>[assinatura]</i>											
DATA: 20/03/2001					HORA: 15h:00						
PARÂMETROS	RESÍDUOS						AVALIAÇÃO				
	LÍQUIDO			GASOSO		SÓLIDO	EFEITO				
	COR	SÓLIDOS EM SUSPENSÃO	METAIS TÓXICOS	PARTICULADOS	GASES DE COMBUSTÃO	RESÍDUOS PERIGOSOS	RESÍDUOS NÃO PERIGOSOS	CRÍTICO	SIGNIFICATIVO	REDUZIDO	MARGINAL
ETAPAS DO PROCESSO											
ABASTECIMENTO DOS SILOS				6			6			X	
SILOS				4			4				X
ESTEIRA PARA PRENSAS				5			5			X	
SISTEMA FILTROS MANGA				8			8	X			
PRENSAS							4				X
ESTUFAS							8	X			
PREPARAÇÃO TINTAS E VIDRADOS			12				12	X			
LINHA DE DECORAÇÃO			15				15	X			

**Figura 6.** Matriz de Avaliação de Impactos Ambientais.

em cada etapa do processo produtivo, para diminuir o desperdício de matérias-primas e insumos. Para tanto, utilizou-se a Ficha das Ações Corretivas (Fig. 7).

Nesta ficha foram descritos os problemas ambientais observados e a indicação das medidas corretivas a serem implantadas no processo produtivo, tendo como base as informações adquiridas em cada um dos passos anteriores, principalmente, as informações sobre a hierarquização e a classificação dos efeitos poluidores de cada etapa.

A Tabela 6 apresenta uma síntese das medidas correti-

vas sugeridas para as etapas do processo produtivo com o efeito poluidor crítico, significativo e reduzido.

As primeiras medidas corretivas implantadas objetivaram solucionar os problemas mais simples e de baixo custo, obtendo-se, desta forma, os primeiros resultados de melhoria, trazendo contribuições para diminuir os efeitos classificados, inicialmente, como críticos.

### 3.1.6. Quinto Passo: Acompanhamento

Em busca da melhoria contínua da qualidade ambiental

FICHA DAS AÇÕES CORRETIVAS	
Nome ou Razão Social:	
Data de elaboração: 23/03/2001	
Responsável pela avaliação: Paulo Miranda e Kátia Ferrari	
Visto: <i>[assinatura]</i> Hora: 9:00	
ETAPA	PROBLEMAS OBSERVADOS E AÇÃO CORRETIVA A SER IMPLANTADA
Linha de decoração	1. Corrigir desníveis e desalinhamentos e ajustar as velocidades entre segmentos das esteiras de toda a linha de produção.
	2. Ajustar o fluxo de abastecimento do engobe.
	3. Projetar um sistema de proteção sobre as canaletas para evitar a entrada de peças quebradas, já decoradas, no sistema de efluentes líquidos.
	4. Definir e monitorar um nível máximo para o abastecimento das <i>vascas</i> , de modo a evitar o derramamento de material.
	5. Articular junto aos coloríficos a produção de insumos com baixos teores de chumbo.

Figura 7. Ficha das Ações Corretivas para descrição dos problemas ambientais observados e a indicação das medidas corretivas

Tabela 5. Síntese das medidas corretivas sugeridas para as etapas do processo produtivo com o efeito poluidor crítico, significativo e reduzido.

EFEITO POLUIDOR	AÇÕES CORRETIVAS
Efeitos Críticos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Instalar um sistema fechado e automatizado para o abastecimento das linhas de decoração.</li> <li>2. Definição, para cada moinho, de um padrão de esmalte, com adição de corantes após a moagem, direto nos recipientes que abastecem as linha, diminuindo a lavagem dos moinhos</li> <li>3. Corrigir desníveis e desalinhamentos e ajustar as velocidades entre os segmentos das esteiras de toda a linha de produção;</li> <li>4. Ajustar o fluxo de abastecimento do engobe;</li> <li>5. Instalação de sacos de rafia (big bag) abaixo das cabinas de aplicação de esmaltes durante sua lavagem, contendo os resíduos sólidos.</li> <li>6. Definir e monitorar um nível máximo para o abastecimento das <i>vascas</i>, de modo a evitar o derramamento de material;</li> <li>7. Articular junto aos coloríficos a produção de insumos com baixos teores de chumbo</li> </ol>
Efeitos significativos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Implantar um sistema de recuperação na massa cerâmica do material particulado captado pelos filtros manga;</li> <li>2. Corrigir os desalinhamentos das esteiras e mesas de saída das peças secas e recuperar, incorporando à massa cerâmica, o resíduo gerado.</li> </ol>
Efeitos reduzidos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Melhorar a manutenção das mangueiras de abastecimento dos silos para identificar e eliminar os pontos de vazamento;</li> <li>2. Projetar um sistema de confinamento na esteira de alimentação das prensas.</li> <li>3. Projetar sistema de recuperação dos finos recolhidos nas mangas, no abastecimento dos silos e nas esteiras de abastecimento das prensas, para permitir que o material recuperado possa ser incorporado ao sistema de moagem, ou oferecido à venda a outras empresas.</li> </ol>

**Tabela 6.** Resultado das ações corretivas aplicadas nas etapas classificadas com efeito poluidor crítico, verificadas após um mês da implantação.

ETAPAS DO PROCESSO	AÇÃO CORRETIVA IMPLANTADA	RESULTADO
Preparação de tintas e vidrados	Definição, para cada moinho, de um padrão de esmalte, com adição de corantes após a moagem, direto nos recipientes que abastecem as linhas, eliminando a lavagem dos moinhos;	Redução média de 70% dos resíduos sólidos gerados nesta etapa
Linha de decoração	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definição e monitoramento do nível máximo para o abastecimento das vascas, evitando o derramamento de material;</li> <li>• Ajuste do fluxo de aplicação e adaptação de cantoneiras para coletar o excesso, evitando desperdícios.</li> <li>• Instalação de sacos de ráfia (big bag) abaixo das cabinas de aplicação de esmaltes durante sua lavagem, contendo os resíduos sólidos.</li> <li>• Correção dos desníveis e desalinhamentos e ajuste das velocidades entre os segmentos das esteiras de toda a linha de produção.</li> </ul>	Recuperação e reutilização média de 90 kg/dia de insumos

do processo produtivo o último passo teve por objetivo verificar a eficiência das ações corretivas implantadas e atingir melhoria contínua da qualidade ambiental do processo produtivo e, assim, atualizar a posição do empreendimento em relação ao meio ambiente. O acompanhamento foi realizado comparando-se os dados anotados na avaliação anterior com os dados de uma segunda avaliação, realizada após um mês. A Tabela 6 apresenta os resultados das ações corretivas aplicadas nas etapas classificadas com efeito poluidor crítico, verificadas após um mês da implantação.

Os resultados das medidas corretivas nestas etapas refletiram na diminuição de 50% do resíduo sólido total gerado pelo processo produtivo no primeiro mês do acompanhamento, tendendo a aumentar a medida em que se implantarem as demais ações corretivas que estão em fase de planejamento.

#### 4. Considerações Finais

O método dos cinco passos, desenvolvido e aplicado para a indústria cerâmica, interligados por meio de seus produtos e dos requisitos necessários para iniciar o passo seguinte, demonstrou ser um método de fácil aplicação, podendo ser utilizado para qualquer processo produtivo, sem a necessidade de altos investimentos.

Este método promove a avaliação completa e integrada do processo produtivo, facilitando o estabelecimento de medidas corretivas para a adequação ambiental, seguida da verificação da eficiência destas medidas por meio do acompanhamento contínuo, além de promover mudanças no processo produtivo, corrigindo perdas e evitando desperdícios, consequentemente, REDUZINDO CUSTOS.

Estas providências tornarão o empreendimento mais competitivo, pois estarão sendo norteadas pelos conceitos de prevenção à poluição.

#### 5. Agradecimentos

Os autores expressam seus agradecimentos:

- À Fundação de Amparo à Pesquisa - FAPESP pelo apoio financeiro;
- Ao Laboratório de Geoquímica - LABOGEO do Departamento de Petrologia e Metalogenia do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista - UNESP, *campus* Rio Claro, pela realização dos ensaios de fluorescência de raios-X;
- Ao Laboratório do Gálio do Departamento de Engenharia de Minas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP, pela realização dos ensaios espectrometria de absorção atômica.

#### 6. Bibliografia

1. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Resíduos sólidos – Classificação, 1995, (ABNT-NBR 10.004).
2. Batalas, P.E. ISO 14000 – Treinamento de Auditores Ambientais, apostila de curso Fundação Carlos Alberto Vanzolini, USP, São Paulo: SP, 1996.
3. Ferrari, K.R. *Aspectos ambientais do processo de fabricação de placas de revestimento cerâmico via úmida, com ênfase nos efluentes líquidos*. São Paulo, SP: 2000. Tese (Doutoramento) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.
4. Ferrari, K.R.; Figueiredo Filho, P.M. de; Paschoal, J.O.A. Impacto ambiental em indústria de placas cerâmicas. In: Encontro Nacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, 5º, nov. 17-19, 1999, São Paulo. *Anais...* São Paulo, SP: Plêiade, 1999. p. 505 – 517.
5. Makaron, O.M.S.M. *Análise e avaliação de riscos: conceitos básicos*. São Paulo – Apostila da Universidade Paulista: Análise de Riscos, São Paulo: SP, 1997. p. 1-29.

6. Moura, L.A.A. *Qualidade e gestão ambiental: sugestões para implantação das normas ISO 14.000 nas empresas*. São Paulo, SP: Oliveira Mendes, 1998, p.79-99.
7. São Paulo (Estado). Decreto nº 8.468, Seção II, Art. 18, de 08 de setembro de 1976. Dispõe sobre os padrões de emissão de efluentes líquidos de qualquer fonte poluidora.