

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC

CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

PAULO HENRIQUE DAGOSTIN DARÓS

**PRODUÇÃO MAIS LIMPA: MELHORIA DA EFICIÊNCIA DE UMA
EMPRESA DO SETOR CERÂMICO**

CRICIÚMA

NOVEMBRO 2013

PAULO HENRIQUE DAGOSTIN DARÓS

**PRODUÇÃO MAIS LIMPA: MELHORIA DA EFICIÊNCIA DE UMA
EMPRESA DO SETOR CERÂMICO**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Engenheiro no curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador Prof. (a) Mário Ricardo Guadagnin

CRICIÚMA

2013

PAULO HENRIQUE DAGOSTIN DARÓS

**PRODUÇÃO MAIS LIMPA: MELHORIA DA EFICIÊNCIA DE UMA
EMPRESA DO SETOR CERÂMICO**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Engenheiro, no Curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Gestão e Gerenciamento Ambiental.

Criciúma, 02 de Dezembro de 2013.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Mário Ricardo Guadagnin – Mestre - (UNESC) - Orientador

Prof. Evânio Ramos Nicoleit - Mestre - (UNESC)

Prof. – Leopoldo Pedro Guimarães Filho - Mestre - (UNESC)

**Dedico esse trabalho aos meus pais, minha
irmã e minha namorada.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais e minha irmã por todo apoio e suporte na realização do trabalho e do curso superior, à minha namorada por dedicar algumas horas para me ajudar e corrigir algumas partes do trabalho. Agradeço também ao professor orientador Mário Ricardo Guadagnin pelas orientações que foram de muito proveito para o segmento do trabalho.

RESUMO

Com a implantação de novas tecnologias e técnicas, a produção de revestimentos cerâmicos na empresa em questão vem crescendo constantemente. Para isso é de extrema importância um bom gerenciamento de energia e um bom funcionamento da Fábrica. Este é medido pela eficiência dos fornos, sendo assim, quanto mais os fornos trabalharem cheios, melhor será o aproveitamento de matérias primas e energia. Um dos fatores que mais prejudicam a eficiência da fábrica é o momento da troca de produção, sendo responsável pelos fornos trabalharem vazios cerca de 1200 minutos por mês, isso ocorre porque, na troca de produção, os colaboradores precisarem lavar alguns equipamentos de difícil limpeza como vascas e filtros. Com a aplicação de técnicas de Produção Mais Limpa, esse processo foi analisado e discutido. Sendo assim, foi possível propor novas técnicas de troca de produção. A primeira proposta, que era a compra de equipamentos reserva para substituir os sujos, foi descartada por ter um custo inicial elevado, a segunda alternativa de colocar a vasca de 1000 litros acima da linha e aplicar os esmaltes e engobes pela força da gravidade, também foi descartada devido ao fato de apresentar problemas com a segurança dos colaboradores e um grande risco de contaminação dos esmaltes e engobes, a terceira proposta, que seria treinamento dos profissionais, mostrou-se insuficiente para atingir o objetivo do trabalho. Desse modo, foi apresentada uma nova alternativa, fazendo uma mescla da terceira e a primeira alternativa, unindo treinamento dos colaboradores e a aquisição de filtros reservas, que são os equipamentos mais difíceis de limpeza e têm um custo muito menor em relação aos outros equipamentos. Com isso, conseguiu-se reduzir esse tempo pela metade, fazendo com que a empresa tenha um melhor aproveitamento de energia elétrica, matéria prima, gás natural e carvão mineral.

Palavras chave: Produção mais limpa, Eficiência e Gerenciamento de energia.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Moinhos de moagem de matéria prima	17
Figura 2 - “A” atomizador e “B” imagem do pó atomizado em microscópio	18
Figura 3 - “A” silos de estocagem, “B” massa atomizada sendo transportada por correias	19
Figura 4 - prensa para prensagem das peças	20
Figura 5 - “A” secador e “B” peças secas	21
Figura 6 - “A” peça decorada e “B” impressora para decoração das peças	22
Figura 7 - Fluxograma do processo produtivo	24
Figura 8 - Níveis de produção mais limpa	30
Figura 9 - Fases de implantação da P+L	32
Figura 10 - Fluxograma de aplicação de esmalte e engobe.	39
Figura 11 - Principais motivos de paradas de fornos na empresa (min/mês – janeiro 2013).	40
Figura 12 - Principais motivos de paradas de fornos na empresa (min/mês – fevereiro, 2013).	40
Figura 13 - Principais motivos de paradas de fornos na empresa (min/mês – março, 2013).	41
Figura 14 - Principais motivos de paradas de fornos na empresa (min/mês – abril, 2013).	41
Figura 15 - Principais motivos de paradas de fornos na empresa (min/mês – maio, 2013).	42
Figura 16 - Principais motivos de paradas de fornos na empresa (min/mês – junho, 2013).	42
Figura 17 - Principais motivos de paradas de fornos na empresa (min/mês – julho, 2013).	43
Figura 18 - Nova proposta de aplicação de esmalte e engobe.	45
Figura 19 - Comparação das paradas causadas pela troca de produção (min/mês 2013).	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Evolução da mentalidade ambiental	29
Quadro 2 - Percentual de aproveitamento dos tipos de energia e retorno líquido do primeiro mês de aplicação do projeto	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CNTL – Centro Nacional de Tecnologia Limpa

GM – General Motors

P+L – Produção mais Limpa

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

SUMÁRIO

1	Introdução	12
1.1	Problema de investigação técnico científico	12
1.2	Justificativa	12
1.3	Objetivos	13
1.3.1	Objetivo geral	13
1.3.2	Objetivos específicos	13
2	Referencial teórico	14
2.1	Cenário da produção cerâmica no Brasil	14
2.2	Etapas do Processo Produtivo	15
2.2.1	Preparação da Matéria prima	15
2.2.2	Preparação da Massa	15
2.2.3	Prensagem das peças	19
2.2.4	Secagem	20
2.2.5	Esmaltação	21
2.2.6	Decoração	22
2.2.7	Queima	22
2.2.8	Fluxograma resumido do processo produtivo	24
2.3	Principais Minerais e Matérias primas Usadas no Processo Produtivo	25
2.3.1	Bentonita	25
2.3.2	Caulim	25
2.3.3	Feldspato	26
2.3.4	Nefelina	27
2.3.5	Talco	27
2.4	Produção mais limpa (P+L)	28
2.5	Gerenciamento de Energia	33
2.5.1	Gerenciamento de energia no Brasil	33

2.5.2 Desafio das empresas	35
2.5.3 Processos	36
3METODOLOGIA	37
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	39
4.1 Processo de Esmaltação	39
4.2 Resultados e discussões	39
4.3 Alternativas para diminuir setup de troca de produção	44
4.3.1 Primeira alternativa	44
4.3.2 Segunda alternativa	44
5 CONCLUSÃO	49
REFERÊNCIAS	50

INTRODUÇÃO

O foco deste trabalho está na Produção Mais Limpa, mais precisamente na otimização de consumo de recursos como matéria prima, energia elétrica e gás natural. Esse tema foi escolhido devido ao fato de ocorrer muito desperdício desses recursos na empresa em estudo, quando os fornos ficam vazios em consequência das paradas prolongadas. Essas ocorrem por vários motivos, um dos principais são as trocas de produção, responsáveis por cerca de 1200 minutos de fornos vazios por mês, trazendo como consequência o desperdício de energia e alteração da temperatura interna dos fornos, fazendo com que as primeiras peças se quebrem, gerando um desperdício de matérias primas.

1.1 Problema de investigação técnico científico

O trabalho está focado na melhoria da eficiência da fábrica, o que faz com que o consumo de energia por metro quadrado diminua e conseqüentemente, o custo da fábrica e o consumo de recursos naturais.

1.2 Justificativa

O funcionamento de uma empresa de produção de revestimento cerâmico é medido pela eficiência dos fornos e pela qualidade dos produtos. Caso a eficiência estiver baixa, afeta diretamente na qualidade das peças, gerando desperdício de energia elétrica, gás natural e matéria prima, o que resulta em prejuízo para a empresa e o meio ambiente.

Quando os fornos ficam vazios, a sua temperatura interna tende a aumentar, fazendo com que as primeiras peças recebam uma temperatura muito elevada. Dessa maneira, sofrem um grande choque térmico, fazendo com que as mesmas se quebrem, gerando um desperdício de matéria prima e reduzindo a qualidade do produto, pois até que a temperatura dos fornos estabilizem as peças podem variar a tonalidade, fazendo com que as mesmas fiquem fora de padrão e/ou provocar outros defeitos como sujeira de dentro dos fornos.

A eficiência é afetada por vários motivos, mas um dos mais relevantes é o momento da troca de produção ou lavagem dos equipamentos, devido ao fato das mesmas ocorrerem num espaço de tempo muito longo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Aplicar estratégias de Produção Mais Limpa no processo produtivo de revestimento cerâmico para redução do tempo de parada do forno, evitando o desperdício de gás, matéria prima, energia elétrica e gás natural.

1.3.2 Objetivos específicos

- Estudar possibilidades de melhoria no processo produtivo para evitar desperdícios de esmaltes, engobes e massa;
- Analisar o tempo entre as trocas de produção para propor setups³ mais rápidos com vistas à otimização do processo produtivo;
- Identificar e definir as variáveis a serem controladas no processo produtivo para melhorar eficiência da fábrica.

¹ Cobertura de aspecto semelhante ao vidro, impermeável, branca, colorida, transparente ou opaca, que é aplicada sobre a placa cerâmica como decoração e/ou proteção;

² Mistura de argila e outros componentes aplicados sobre o suporte cerâmico antes da esmaltação;

³ Tempo de parada da linha de produção para realizar alguma atividade necessária.

2 Referencial teórico

Nos últimos 30 anos ocorreram grandes transformações no processo produtivo de revestimentos cerâmicos, graças, principalmente, à incorporação de tecnologias inovadoras relacionadas com os equipamentos, havendo-se resultados positivos em termos de produtividade, qualidade e otimização energética (ABREU, 2003).

2.1 Cenário da produção cerâmica no Brasil

A cerâmica para revestimento constitui um segmento da indústria de transformação, de capital intensivo, inserido na área de materiais não-metálicos. Esse setor é responsável pela produção de placas cerâmicas utilizadas para revestimentos de chão, parede, bancadas, piscinas de ambientes externos e internos (HANSEN, 2010).

No Brasil, a indústria de revestimentos cerâmicos está concentrada em duas principais regiões: a região de Criciúma em Santa Catarina, que é reconhecida internacionalmente e onde se encontram as maiores indústrias da área, e a região de São Paulo com dois pólos em Mogi das Cruzes e Santa Gertrudes. O Nordeste que vêm crescendo e num futuro próximo pode se tornar um polo dessa indústria. Sendo assim, o Brasil é um dos grandes produtores de revestimentos cerâmicos no mundo (ANFACER, 2012).

Uma das principais características para o crescimento deste setor no Brasil é a abundância de matérias-primas, a disponibilidade de energia alternativa e tecnologia (ANFACER, 2012).

Santa Catarina possui um importante pólo cerâmico, sendo o segundo maior exportador do Brasil. No estado está situada a empresa líder em nível nacional em cerâmica para revestimento, levando em consideração o faturamento bruto. Também é do estado a segunda maior fabricante de isoladores para energia elétrica do país e a única empresa do mundo fabricante de painéis cerâmicos refratários atóxicos resistentes a choques térmicos. A maior concentração de indústrias cerâmicas para revestimento está na região Sul e em Tijucas, na Grande Florianópolis. A indústria de cerâmica vermelha também se destaca dentro desse segmento de atividade. (FIESC, 2012 p.15).

2.2 Etapas do Processo Produtivo

Para melhor entendimento do processo produtivo de revestimento cerâmico e identificação da etapa produtiva, que requer um olhar mais atento sobre otimização energética e aplicação dos princípios de produção mais limpa, descreve-se a seguir as etapas de produção.

2.2.1 Preparação da Matéria prima

Na indústria cerâmica, a maioria das matérias primas utilizada vêm da mineração (OLIVEIRA e MAGANHA, 2006), desse modo, é necessário escolher uma matéria prima de qualidade, sem matéria orgânica ou outros contaminantes que podem prejudicar a qualidade do produto final.

De acordo com Berg, S/D, a maior parte das empresas na área de cerâmica tem o seu programa de qualidade, e principalmente, o controle de qualidade de matérias primas, desde muito tempo.

Já na mineração, ocorre a primeira fase de preparação da matéria prima, onde a mesma é desagregada e moída, e posteriormente, é transportada para a empresa através de transporte rodoviário (OLIVEIRA e MAGANHA, 2006). Na empresa ela é estocada em boxes. Cada tipo de matéria prima é armazenada em um box individual, impermeável e coberto.

2.2.2 Preparação da Massa

Na preparação da massa existem alguns processos, como: pesagem das matérias-primas, moagem, atomização e estocagem em silos.

2.2.2.1 Pesagem das matérias-primas

Nessa etapa, as matérias-primas são transportadas dos boxes até a balança de pesagem com a utilização de uma retro escavadeira. A balança é programada com os pesos das diferentes matérias-primas e quando cada uma atinge o peso certo, ela emite um sinal para que o operador pese a próxima matéria-prima (EMPRESA CERÂMICA, 2013).

Segundo Oliveira e Maganha (2006), o controle da umidade das matérias-primas é de extrema importância, pois elas são pesadas de acordo com seu peso seco e dependendo da umidade é necessário fazer a correção do mesmo.

2.2.2.2 Moagem da matéria-prima

No processo de trituração na mineração, a matéria-prima atinge uma granulometria de 2mm. Entretanto, para se conseguir uma boa prensagem da massa, as partículas devem ter uma granulometria de cerca de 1mm, para isso, faz-se necessário o uso de moinhos (OLIVEIRA e MAGANHA, 2006).

Depois de pesada, ela é transportada para os moinhos através de correias. O tipo dos moinhos utilizados é o moinho de bolas como visto na figura 1.

Moinho de Bolas: a massa cerâmica é introduzida em cilindros de aproximadamente 3,0m de diâmetro e 3,5m de comprimento, que giram na posição horizontal, apoiados em dois eixos nas extremidades. Na parte interna, se encontram esferas (em geral, de alumina de alta densidade), responsáveis pela moagem do material (OLIVEIRA e MAGANHA, 2006 p. 32).

Figura 1 - Moinhos de moagem de matéria prima



Fonte: do autor, 2013

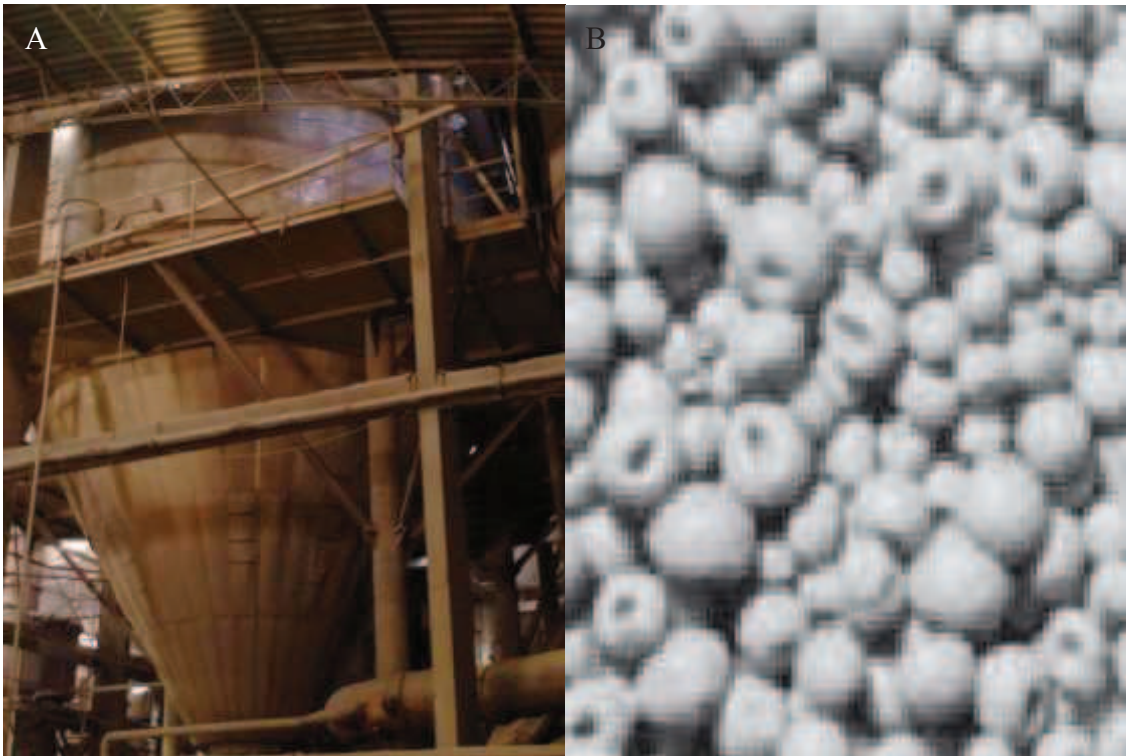
No final da moagem, que leva de 5 a 7 horas, obtém-se um produto chamado barbotina, uma mistura viscosa de água com diferentes tipos de matéria prima. Ela é armazenada em tanques no subsolo e posteriormente é bombeada para o atomizador (EMPRESA CERÂMICA, 2013).

2.2.2.3 Atomização

Na atomização, a barbotina é aquecida de modo que a água evapore, fazendo com que a mesma se torne um material chamado de pó atomizado como visto na figura 2.

A temperatura na atomização determina a percentagem de umidade do pó atomizado e influencia também na granulometria final do pó, pois dependendo da temperatura, os grânulos podem unir-se formando um grânulo maior (RIBEIRO, VENTURA e LAMBRINCHA, 2001). Portanto, é de extrema importância o controle da temperatura durante o processo de atomização.

Figura 2 - “A” atomizador e “B” imagem do pó atomizado em microscópio



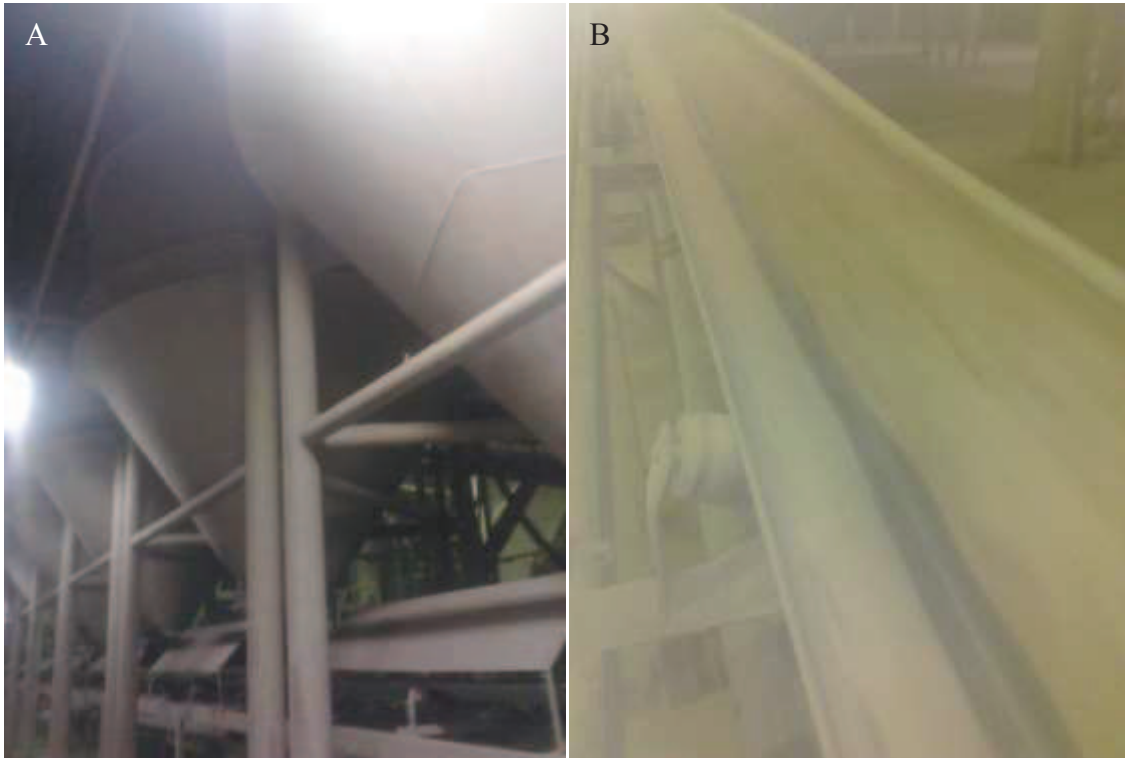
Fonte: “A” do autor, 2013 e “B” RIBEIRO, VENTURA e LABRINCHA, 2001 p.40.

Na empresa em questão a temperatura de atomização chega em torno de 600 a 630°C e é controlada com a pressão da bomba que bombeia a barbotina para o atomizador (EMPRESA CERÂMICA, 2013).

2.2.2.4 Estocagem em Silos

Depois de atomizado, o pó é levado por correias para os silos de estocagem (figura 3). Uma vez nos silos, o pó fica armazenado por dois dias para uma maior homogeneização da umidade da massa (HECK, 1996 apud LOPES e BRISTOT, 2010).

Figura 3 - “A” silos de estocagem, “B” massa atomizada sendo transportada por correias



Fonte: do autor, 2013

2.2.3 Prensagem das peças

A prensagem das peças consiste na conformação de massas granuladas com baixo teor de umidade por meio de uma prensa (OLIVEIRA e MAGANHA, 2006).

Quando prensadas, existe uma consolidação permanente do material, ou seja, um aumento na compactação do corpo, que persiste depois de retirada a carga (ALBARO, 2000).

Na figura 4 há uma imagem do equipamento utilizado para conformação das peças.

Figura 4 - prensa para prensagem das peças



Fonte: do autor, 2013

Segundo Albaro (2000), a compactação dos grânulos e diminuição dos poros da massa se dá através de três mecanismos: reorganização dos grânulos, deformação e destruição dos grânulos, e reordenação das partículas do interior dos grânulos.

2.2.4 Secagem

No momento da prensagem, a massa tem uma umidade de cerca de 7%. Se as peças receberem o engobe e esmalte com essa umidade, no momento da queima, as peças irão sofrer rachaduras. Para que isso não ocorra, é necessário se fazer a secagem das peças para que elas atinjam uma umidade de cerca de 0,3% (OLIVEIRA e MAGANHA, 2006).

Na figura 5, há a imagem do equipamento utilizado para secagem das peças e as peças secas.

Figura 5 - “A” secador e “B” peças secas



Fonte: do autor, 2013

Na secagem, as peças são aquecidas gradualmente até que atinjam uma temperatura em torno de 220°C, e posteriormente são resfriadas para 120°C, que é a temperatura ideal para receber o engobe e o esmalte (DADOS DA EMPRESA, 2013).

2.2.5 Esmaltação

Após a secagem, as peças recebem uma camada fina de engobe, que é um tipo de esmalte que tem duas funções específicas, serve de base para o esmalte e funciona como impermeabilizante das peças. Após a aplicação do engobe, as peças recebem uma camada de esmalte, que depois da queima adquire um aspecto vítreo. Essa camada de esmalte influencia diretamente no aspecto estético e higiênico, melhorando algumas propriedades físicas como a resistência mecânica e elétrica (OLIVEIRA e MAGANHA, 2006).

2.2.6 Decoração

Depois de receber o esmalte, as peças passam pela etapa de decoração, onde elas são decoradas e desenhadas da maneira desejada. Essa decoração é feita com rolos ou telas de silicone que aplicam uma camada extremamente fina de tinta sobre as peças e/ou através de uma impressora de alta definição (figura 6).

Figura 6 - “A” peça decorada e “B” impressora para decoração das peças



Fonte: do autor, 2013

Logo depois de receber a decoração, as peças recebem uma camada de tinta protetora para que a decoração não seja alterada ou danificada no momento da queima (DADOS DA EMPRESA, 2013).

2.2.7 Queima

A queima atua em três fases sobre as peças: a primeira é a fase em que as peças são aquecidas da temperatura ambiente até a temperatura desejada. A segunda fase é a sinterização, que no caso da empresa é atingido a 1200°C. A terceira, é o resfriamento até temperaturas inferiores a 200°C (OLIVEIRA e

MAGANHA, 2006). Todo esse processo dura em torno 40 minutos. No fim, as peças são encaminhadas para a escolha.

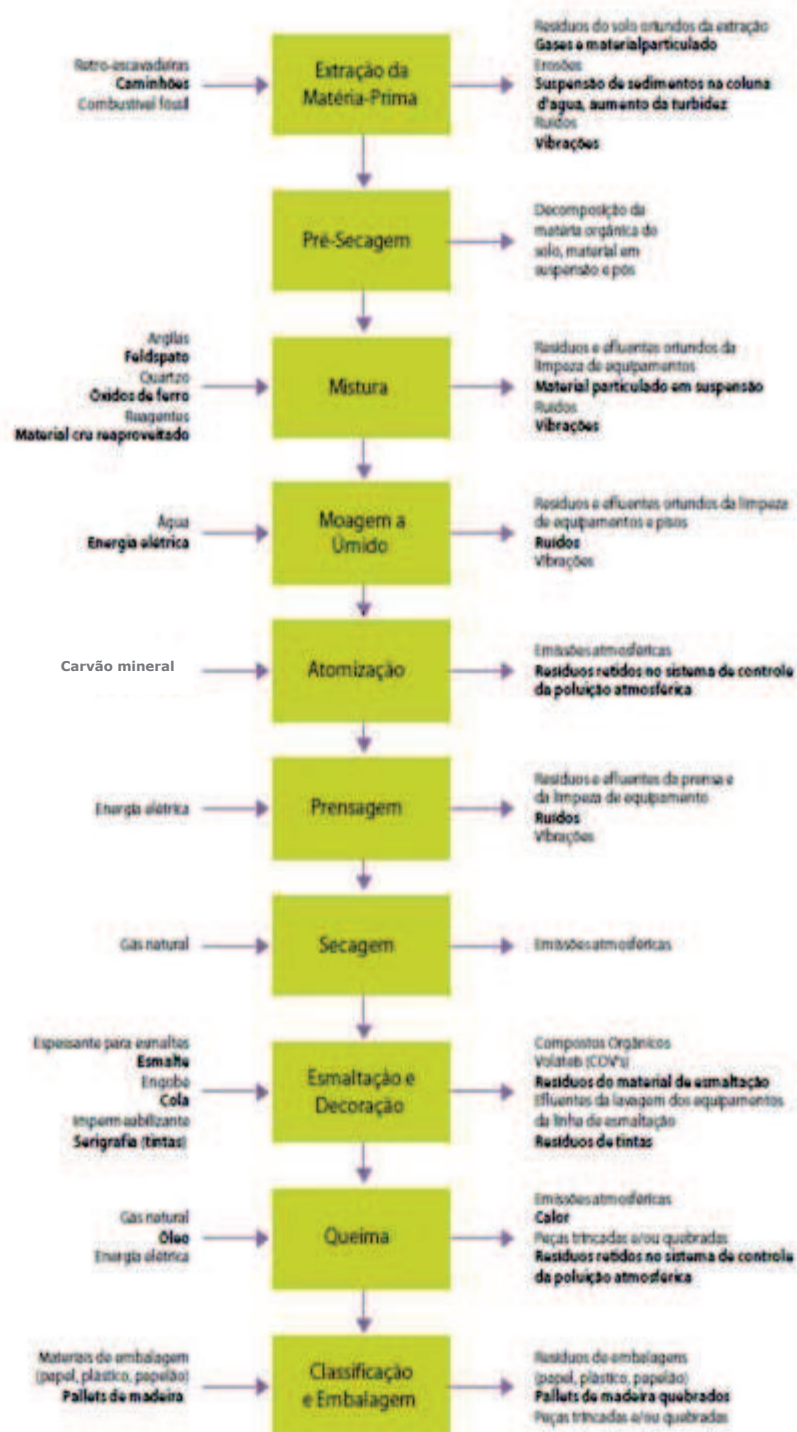
Na operação de queima, conhecida também por sinterização, os produtos adquirem suas propriedades finais, sendo de fundamental importância na fabricação dos produtos cerâmicos. Da eficiência desta etapa dependem o desenvolvimento das propriedades finais destes produtos, as quais incluem seu brilho, cor, porosidade, estabilidade dimensional, resistência à flexão, ao gretamento, a altas temperaturas, à água, ao ataque de agentes químicos, e outros. Em função desta importância é fundamental o projeto e a instalação correta dos fornos, a fim de garantir uma combustão eficiente (OLIVEIRA e MAGANHA, 2006 p. 39).

De acordo com Oliveira e Maganha (2006) p. 40, as reações provocadas nas várias etapas do ciclo de queima constituem a base das seguintes conversões físicas e químicas:

- Até 100°C: eliminação da água livre não eliminada totalmente na secagem;
- ~ 200°C: elimina-se a água coloidal, que permanece intercalada entre as pequenas partículas de argila;
- De 350 a 650°C: combustão das substâncias orgânicas contidas na argila;
- De 450 a 650°C: decomposição da argila com liberação de vapor;
- ~ 570°C: rápida transformação do quartzo;
- Acima de 700°C: reações químicas da sílica com a alumina, formando sílicoaluminatos complexos que dão ao corpo cerâmico suas características de dureza, estabilidade, resistência física e química;
- De 800 a 950°C: carbonatos se decompõem e liberam CO₂;
- Acima de 1000°C: os sílico-aluminatos que estão em forma vítrea começam amolecer, assimilando as partículas menores e menos fundentes, dando ao corpo maior dureza, compatibilidade e impermeabilidade.

2.2.8 Fluxograma resumido do processo produtivo

Para melhor entendimento do processo produtivo, será apresentado um breve fluxograma do processo produtivo na figura 7.



2.3 Principais Minerais e Matérias primas Usadas no Processo Produtivo

Qualquer atividade industrial no campo da construção civil utiliza os minerais ou seus derivados, como por exemplo, as cerâmicas que são todas produzidas a partir dos mesmos (ANDRADE, et al., 2005).

Um grande número de minerais e rochas faz parte dos insumos utilizados na indústria cerâmica e compreendem os materiais argilosos, os não argilosos e os especiais (ANDRADE, et al., 2005)

2.3.1 Bentonita

A Bentonita é um tipo de argila plástica e coloidal constituída principalmente do mineral montmorilonita. Ela pode ser cálcica ou sódica e apresenta uma característica muito particular: ela expande várias vezes o seu volume quando em contato com a água, formando géis toxitrópicos. Algumas vezes, essa expansão é tão intensa que as camadas de cristais podem se separar até sua célula unitária. A sódica apresenta a expansão mais notável. (LUZ e OLIVEIRA, 2005).

O tratamento térmico inerente à fabricação de cerâmicas esmaltadas, cujos esmaltes são especialmente preparados, ocorre atualmente em ciclos e temperaturas cada vez menores em função do apelo econômico e energético envolvido ao meio industrial, assim exigindo materiais estáveis e de ótima fusibilidade. As bentonitas, por serem naturalmente ricas em óxidos alcalinos e alcalino-terrosos, aliam à desejada coloração de queima e estabilidade de suspensões, também ótima fusibilidade, contribuindo para produção de esmaltes e engobes fundentes, estáveis e de cores claras (SHUMACHER, 2013 p. 1).

2.3.2Caulim

Caulim é uma rocha de granulometria fina, constituída de material argiloso, normalmente com baixo teor de ferro, de cor branca ou quase branca (GRIM, 1958 *apud* LUZ et al., 2005).

Em função de suas propriedades físicas e químicas, o caulim pode ser utilizado em uma grande variedade de produtos, com destaque para o seu uso na

fabricação de papéis comuns e revestidos, cerâmicas e refratários (INDUSTRIAL MINERALS, 2001 *apud* LUZ *et al.*, 2005).

Na fabricação de revestimentos cerâmicos esmaltados, a adição de caulim deve-se, principalmente, à sua capacidade de manter a estabilidade da suspensão aquosa das partículas (barbotina) de frita, aplicada sobre o biscoito cerâmico, a fim de obter uma camada consolidada de esmalte que forma o vidro durante a queima (BELDA *et al.*, 1998 *apud* LUZ, *et al.*, 2005 p 248). Devido ao tamanho das partículas, o caulim aumenta a coesão entre as partículas de frita na camada de esmalte e também a adesão dessa com a camada intermediária de engobe, que é de fundamental importância quando são realizadas aplicações serigráficas sobre a camada de esmalte. No entanto, o uso do caulim provoca uma ligeira redução no grau de brancura do vidro (LUZ, *et al.*, 2005 p. 248).

Além de conferir uma certa cor branca à massa cerâmica, o caulim é um suporte fundamental de óxido de alumínio (Al_2O_3), o qual, durante a fase de vitrificação da peça, regula a reação de equilíbrio. Na verdade, durante a queima a temperaturas superiores a 1000 °C, o caulim se converte para mulita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), formando uma fase vítrea que, devido à sua estrutura, atua como esqueleto para os produtos resultantes, além de contribuir para o aumento da resistência mecânica e redução da deformação pirolástica durante o processo de queima (LUZ, *et al.*, 2005 p. 247).

2.3.3 Feldspato

Feldspato é um termo usado para denominar um grupo de minerais constituídos de aluminossilicatos de potássio, sódio e cálcio (HARBEN, 2002 *apud* LUZ e COELHO, 2005). Os principais consumidores desse mineral são as indústrias de vidro e cerâmicas (LUZ e COELHO, 2005).

A formulação básica de qualquer indústria cerâmica contém dois elementos: os materiais plásticos, constituídos de caulim e argila e os materiais duros constituídos de sílica e feldspato. Os constituintes plásticos servem para dar a modelagem no momento da prensa, já os duros servem para dar o formato final da peça no fim da queima (MOTTER, 2000 *apud* LUZ e COELHO, 2005).

O feldspato usado na indústria de cerâmica (revestimento de piso e parede, louça sanitária, porcelana elétrica, fritas, vidro e esmalte), como fluxante, tem a função de formar uma fase vítrea no corpo, promovendo uma vitrificação e transluzimento. Os feldspatos são usados no vidro vitrificado como fonte de álcalis e alumínio. Tanto para o vidro quanto a cerâmica, o feldspato contribui como fonte de SiO_2 (HARBEN, 2002 *apud* LUZ e COELHO, 2005 p. 421).

2.3.4 Nefelina

A nefelina é um mineral aluminossilicato de sódio, praticamente livre de quartzo, que se forma nas rochas magmáticas subsaturadas em sílica. O magma com sílica insuficiente para combinar com sódio para formar o feldspato favorece a formação da mesma (SAMPAIO E FRANÇA, 2005).

Na indústria cerâmica ela serve como um substituto do feldspato, em decorrência do seu elevado teor de alumina, além disso, o auto teor de álcalis, diminui a fusibilidade da massa, melhora a capacidade fluxante e permite a sinterização dos corpos cerâmicos à baixas temperaturas ou com menor agente vitrificante (SAMPAIO E FRANÇA, 2005).

A baixa temperatura de fusibilidade e elevada capacidade fluxante permitem a nefelina sienito atuar como um agente vitrificante, contribuindo para a formação de uma fase vítrea que liga outros constituintes da formulação. Isso permite um conteúdo de fundente mais baixo no corpo cerâmico, menor temperatura e período de queima. Sua longa faixa de queima resulta numa resistência física mais elevada do produto final (SAMPAIO E FRANÇA, 2005 p. 553).

2.3.5 Talco

O talco é uma matéria prima mineral de largo uso na indústria moderna. Sua composição química e sua estrutura cristalina e textura permitem que o mesmo seja utilizado como fundente na indústria cerâmica (SHIMABUKURO *et al.*, 1979; MINEROPAR, 1988; PUGSLEY Jr. *et al.*, 1990; MINERAL COMMODITY SUMMARIES, 1995 *apud* PONTES e ALMEIDA, 2005).

A utilização do talco na indústria cerâmica é determinada pela composição química e mineralógica do concentrado. Por se tratarem de indústrias que utilizam o talco unicamente como fonte de magnésio, impurezas do tipo serpentina, antigorita ou magnesita podem ser bem aceitas por serem minerais portadores de magnésio em elevadas proporções (BERG, 1986 e OLIVEIRA, 1988 *apud* PONTES e ALMEIDA, 2005 p. 616).

De um modo geral, o emprego do talco na indústria cerâmica é relativamente amplo, sendo usado em massas cerâmicas para a produção de azulejos, canecos, cerâmica técnica, cerâmica industrial, ladrilhos cerâmicos, louças de mesa, louças sanitárias, pastilhas, isolantes elétricos (esteatitas e porcelana de baixa perda dielétrica) etc. Sua função é agir como fundente da massa, do esmalte, manter a plasticidade, dar consistência e diminuir o tempo de maturação da massa pela ação do óxido

de magnésio que atua como agente de fluxo. Na cerâmica para isolantes, a presença de MgO controla a expansão térmica, aumentando a resistência ao choque térmico e evitando trincas no produto final (PONTES E ALMEIDA, 2005 p. 616).

2.4 Produção mais limpa (P+L)

As pressões da sociedade, somadas às normas ambientais cada vez mais rígidas no combate à poluição e a maior pressão do mercado competitivo global, vêm influenciando nas mudanças de estratégias empresariais (DONAIRE, 1999).

Com a globalização, as empresas tiveram que buscar alternativas para ser competitivas no cenário internacional. Para isso, elas tiveram que se reorganizar de modo que deixaram para trás o conceito baseado na economia em escala, na hierarquia com rigidez vertical e nos princípios do fordismo (SILVA FILHO E SICSÚ, 2003).

O novo paradigma empresarial procura reverter as antigas dificuldades fundamentando-se em fatores diversos, tais como: cadeia de valor, flexibilização dos trabalhos, melhoria contínua dos processos e produtos, preocupação com a satisfação dos clientes, consciência ecológica, surgimento da organização virtual, redução do ciclo de vida de fabricação (SILVA FILHO E SICSÚ, 2003 p. 2).

Surge, então, um novo ambiente produtivo que considera uma nova variável: a ambiental. Com isso, pretende-se obter um diferencial competitivo empresarial e, ao mesmo tempo, atender as queixas da sociedade provenientes de um maior envolvimento desta com as questões ambientais (DONAIRE, 1995 *apud* SILVA FILHO e SICSÚ, 2003).

O quadro 1 mostra a evolução da mentalidade empresarial quanto às questões ambientais:

Quadro 1 - Evolução da mentalidade ambiental

	ANOS		
	De 50 a 69	De 70 a 89	De 90 ao presente
Finalidade do Gerenciamento	Conhecimento das questões ambientais	Controle da poluição	Prevenção da poluição
Responsabilidade Empresarial	Inexistência de responsabilidade	Responsabilidade em silos funcionais	Responsabilidade integrada
Métodos de Controle	Contaminação dos recursos naturais	Controle fim de tubo	Análise do ciclo de vida dos materiais
Atitude empresarial	Aumento de produtividade sem preocupação com poluição	Reativa, em busca da adequação às normas	Pró-ativa

Fonte: Silva Filho e Sicsú, (2003, p.2)

Para tornarem-se mais competitivas, as empresas procuram por opções que propiciam melhores desempenhos, com isso buscam alternativas que agridem menos o meio ambiente, unindo as estratégias empresariais à preservação ambiental (SILVA FILHO e SICSU, 2003).

Segundo o (PNUMA, 2008 *apud* SEVERO e OLEA, 2010 p. 76), A P+L é a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva e integrada, também aplicada a processos, produtos e/ou serviços, no intuito de aumentar a eficiência global e reduzir riscos para a saúde humana e para o meio ambiente.

Produção Mais Limpa também pode ser chamada de Prevenção da Poluição, já que as técnicas utilizadas são basicamente as mesmas. (FERNANDES *et. al.*, 2001 *apud* WERNER, BACARJI e HALL, 2009).

O aspecto mais importante da P+L é que a mesma não requer somente melhorias tecnológicas, mas também a aplicação de *Know-how* e mudanças de atitude. Esses três fatores reunidos possibilitam um avanço em relação às outras técnicas de produção (WERNER, BACARJI e HALL, 2009).

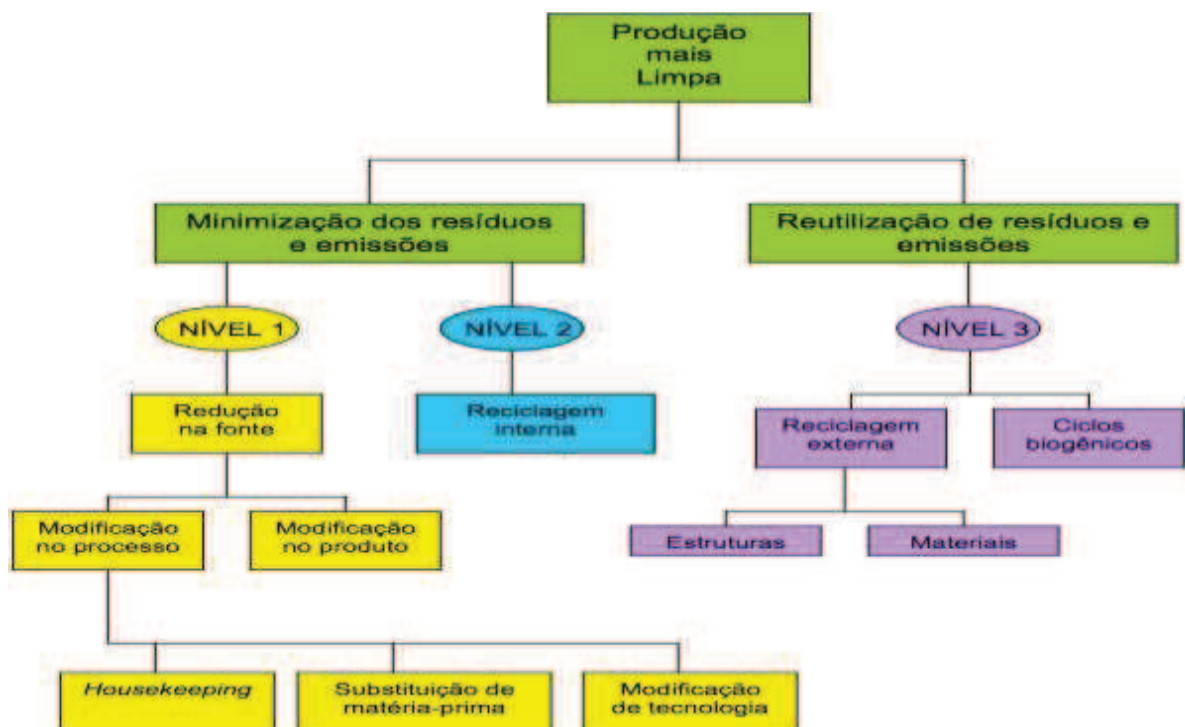
A aplicação de *know-how* busca melhorar a eficiência, adotando melhores técnicas de gestão, fazendo alterações por meio de práticas de *housekeeping* ou soluções caseiras e revisando políticas e procedimentos quando necessário. Mudar atitudes significa encontrar uma nova abordagem para o relacionamento entre a indústria e o ambiente, pois repensando um processo industrial ou um produto, em termos de Produção Mais Limpa, pode ocorrer a geração de melhores resultados, sem requerer novas tecnologias. Com isso, a estratégia geral para alcançar os objetivos é

de sempre mudar as condições na fonte em vez de lutar contra os sintomas (CEBDS, 2009 *apud* WERNER, BACARJI e HALL, 2009 p. 4).

Conforme a figura 8 a P+L pode ser dividida em três níveis.

O nível 1 refere-se às medidas prioritárias a serem perseguidas. Estas são medidas de modificação tanto no produto quanto no processo de produção. As mudanças no produto procuram alterar a composição, a durabilidade e os padrões de qualidade do produto, bem como o emprego de produtos substitutos. As modificações dos processos ajudam a reduzir a geração de resíduos pela simplificação dos processos. Pode-se, então, fazer uso de boas práticas de fabricação (*housekeeping*). Com elas, busca-se estabelecer procedimentos administrativos e técnicos que possibilitem a minimização da produção de resíduo. O nível 2 aborda a reciclagem interna, com a reintegração dos resíduos pela própria empresa, como matérias-primas com o propósito igual, diferente ou inferior ao uso original, com recuperação parcial dos componentes do produto. A reciclagem externa, que representa o nível 3, acontece com o reuso externamente pela empresa (SILVA FILHO, *et al*, 2007 p. 5).

Figura 8 - Níveis de produção mais limpa



Fonte: CNTL (2005).

Dessa forma, é necessário evoluir do nível 1 para os demais níveis, pois os mesmos representam o quanto preventivo é a ação a ser implantada (WERNER, BACARJI e HALL, 2009).

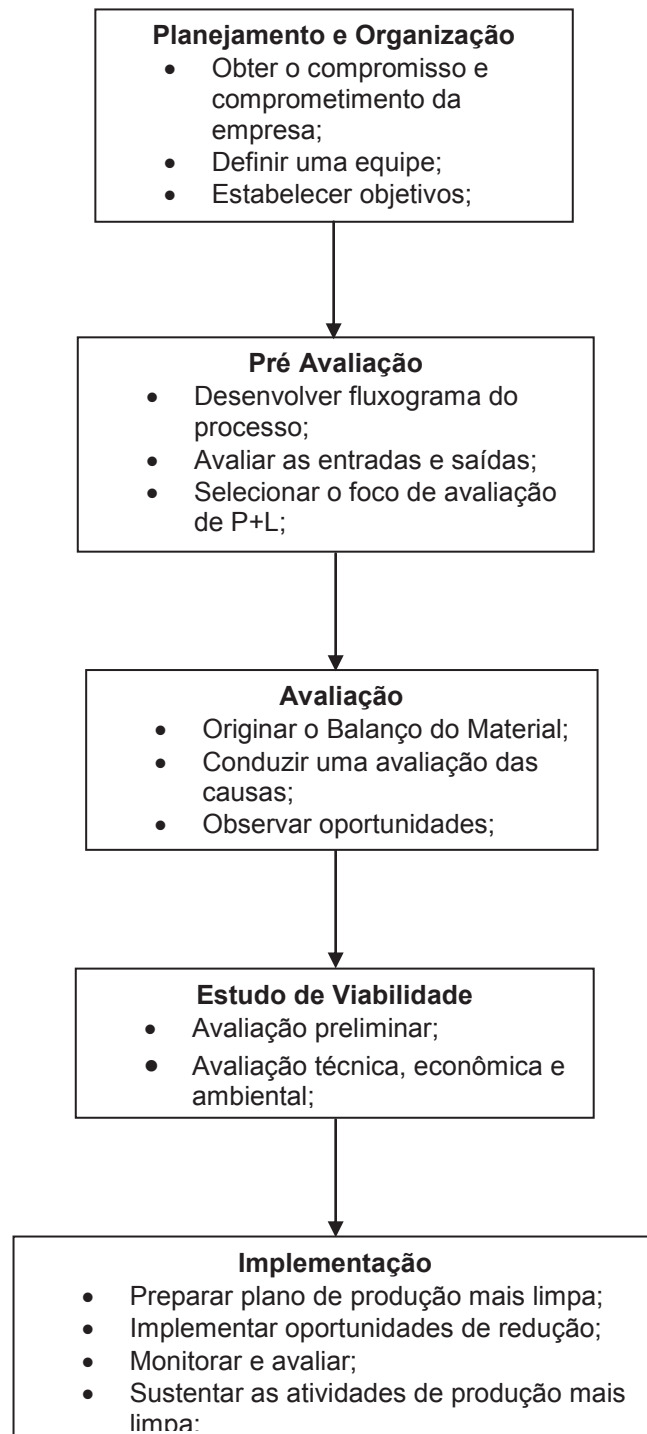
Entretanto, a produção mais limpa não é apenas um tema ambiental e econômico, mas também social, pois, uma vez que ela previne a geração de

resíduos e poluentes no processo produtivo, muitas vezes possibilitam resolver problemas relacionados à saúde e à segurança ocupacional dos trabalhadores. Desenvolver a P+L minimiza esses riscos, na medida em que são utilizadas matérias-primas e insumos menos tóxicos, contribuindo para a melhor qualidade do ambiente de trabalho (CNTL, 2000).

Esse tipo de produção pressupõe quatro atitudes básicas em ordem decrescente de prioridade: A primeira é a não geração de resíduos, através de novas práticas de produção, sendo de difícil aplicação em todo processo produtivo. A segunda é a minimização de geração de resíduos. A terceira é o reaproveitamento dos resíduos no próprio processo de produção e a quarta é a reciclagem com o aproveitamento das sobras ou do próprio produto para a geração de novos materiais (OLIVEIRA e MAGANHA, 2006).

De acordo com CNTL, 2000, a P+L pode ser implantada nos diferentes setores, seguindo-se uma metodologia básica que é dividida em 5 fases distintas vistas na figura 9:

Figura 9 - Fases de implantação da P+L



Fonte: adaptado de NASCIMENTO; LEMOS; MELLO, 2002.

Essa metodologia envolve não só o processo produtivo, mas toda organização, considerando a variável ambiental em todos os níveis, relacionando-a com ganhos econômicos para a indústria, já que proporciona um processo mais

eficiente no emprego das matérias primas e energia, gerando mais produtos e menos emissões e resíduos (NASCIMENTO; LEMOS; MELLO, 2008. 229 p.)

2.5 Gerenciamento de Energia

2.5.1 Gerenciamento de energia no Brasil

O conceito de Gerenciamento de Energia e otimização de consumo ainda é um conceito muito recente no Brasil, e para entendermos melhor como isso ocorreu, devemos voltar anos atrás na exploração de energia elétrica no território nacional (CUNHA, 2010 p. 01).

No início, as fontes de energia eram abundantes e utilizadas de maneira rudimentar, sem grande controle de utilização e de distribuição pelas regiões consumidoras. Primeiramente, a energia elétrica era obtida através da queima de carvão, posteriormente de outros combustíveis fósseis e da energia potencial de quedas d'água na década de 1880. Por isso, nos primeiros anos dessa técnica e a popularização desse tipo de energia, os profissionais se preocupavam mais com a ampliação dessa fonte energética do que com o possível controle de seu uso (CUNHA, 2010 p. 01).

A energia elétrica permitiu aos países um desenvolvimento como nunca se tinha vista antes. Ela, através de seus produtos subsequentes, conectou pessoas, diminuiu distâncias, aumentou a produção de indústrias, permitiu novos hábitos de consumo em torno da eletricidade e seus derivados (CUNHA, 2010 p. 01).

Com isso a vida se tornou mais fácil. O consumo de energia aumentou e sua produção cresceu, mas não na mesma velocidade que o aumento da população e o crescimento da indústria, assim, vários problemas começaram a surgir, precisando ser administrados para garantirem um consumo seguro de energia. Em menos de um século o mundo viu a ascensão e queda do mesmo modelo de energia elétrica, isso porque foi baseado em recursos não renováveis, ou seja, limitados (CUNHA, 2010 p. 01).

Isso ficou claro durante as recentes crises energéticas, no Brasil em 2001, Argentina em 2004 e 2007 e África do Sul em 2010 que correu risco de sofrer um apagão durante a copa do mundo. Sem um planejamento energético e um consumo

consciente é mais difícil que todos poderão utilizar a energia elétrica para sempre em suas necessidades cotidianas (CUNHA, 2010 p. 01).

Por isso, as crises, o alto custo com energia e a crescente preocupação ambiental contribuíram para o desenvolvimento e aceleração das ações de gerenciamento de energia, especialmente para as empresas (CUNHA, 2010 p. 01).

O grande fato da adesão das empresas nesse processo foi a crise do petróleo em 1973. Isso porque esse processo fez com que o mundo percebesse que a energia era um bem esgotável, ao contrário do que se pensava antes. Os países estavam sem energia e tudo isso elevou a importância da questão e inicialmente veio a ideia de conservação de energia, inicialmente pelo apelo estratégico financeiro, a conta (CUNHA, 2010 p. 01).

No período o Brasil possuía muitas usinas termoelétricas e essa crise atingiu em cheio o país, elevando o preço da energia, pois cerca de 80% do óleo bruto consumido era importado. Por isso, tudo ficou muito caro, e por uma questão de economia as empresas precisaram economizar energia, na mesma época houve um estímulo nacional pela mudança da matriz energética. Consequência disso foi o Programa Proálcool, que estimulava a substituição de combustíveis fósseis por etanol de cana-de-açúcar e o início da construção da usina hidrelétrica de Itaipu (CUNHA, 2010 p. 01).

O governo federal incentivou ainda a diversificação da matriz energética para fontes renováveis geradoras de energia elétrica, em especial a hidroeletricidade, e a iniciativa privada começou a adotar conceitos já difundidos em outros países, a fim de começar a gerenciar a energia utilizada nos processos industriais. O crescente apelo ambiental e de sustentabilidade, que ganharam popularidade nos últimos 20 anos, em especial, na última década, também foram importantes para que governo e empresas se mobilizassem (CUNHA, 2010 p. 01).

Essas iniciativas ainda eram pontuais e isoladas, tomadas apenas pelas grandes empresas que consumiam grandes quantidades de energia, pois não haviam incentivos governamentais significativos de conservação e gerenciamento de energia. Foi apenas no ano de 1985 que o governo, juntamente com os ministérios de Minas e Energia e da Indústria e Comércio, criaram o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL)(CUNHA, 2010 p. 01).

Somente entre os anos de 1985 e 2007 a Eletrobrás calcula que o país economizou cerca de 28,5 milhões de mWh com um custo aproximado de R\$ 19,9 bilhões (CUNHA, 2010 p. 01).

No entanto, sem dúvida, uma das ocorrências que mais estimularam o gerenciamento de energia no Brasil foi o racionamento de 2001, conhecido como o apagão energético. Esse fato ocorreu porque o consumo de energia era muito maior que a produção (CUNHA, 2010 p. 01).

2.5.2 Desafio das empresas

O consumo de energia tornou-se um fator importante para as empresas. Redução de consumo de energia significa redução de custos operacionais, menor emissão de gases do efeito estufa e uma demonstração de maiores cuidados com os recursos naturais. Estes são os desafios tangíveis para as empresas que procuram assegurar e contribuir para o desenvolvimento sustentável (BUREAU VERITAS, 2012 p. 01).

As indústrias com consumo de energia intensivo, bem como as outras, podem conseguir uma melhoria significativa otimizando seu consumo e utilizando outras fontes alternativas de energia (BUREAU VERITAS, 2012 p. 01).

A década de 2000 foi determinante para a difusão de práticas de gerenciamento de energia por parte das empresas, sobretudo após o racionamento, finalizado em 2002. Diversas ações de eficiência energética adotadas pelo governo e por iniciativas privadas ou organizações não governamentais contribuíram para a conscientização em torno da economia de energia, tanto em consumidores industriais, quanto em comerciais e residenciais (CUNHA, 2010 p. 01).

Toda e qualquer empresa deve possuir um sistema de gestão de energia do mesmo modo que faz com gestão financeira dentre outros recursos fundamentais para a empresa. Para isso, é fundamental que o empresário entenda seu atual cenário de consumo de energia, por meio de uma análise detalhada que deixe bem claro os pontos chave de consumo de energia, os erros identificados e as oportunidades de melhoria, para depois, buscar entender quais são as mudanças viáveis que podem ser colocadas em prática (CUBEROS, 2013 apud FERNANDES, 2013 p. 01).

Uma das primeiras empresas que começaram a mensurar o consumo de energia elétrica no Brasil, ainda na década de 80, foi a General Motors do Brasil, mas ainda era um monitoramento simples, sem muitos dados (CUNHA, 2010 p. 01)

No início da década de 2000 a GM tinha um grupo de energia elétrica que coordenou a redução de consumo durante o racionamento no período de junho de 2001 a março de 2002(CUNHA, 2010 p. 01). De acordo com a gerente de energia da GM, Gláucia Roveri 2010 apud CUNHA, 2010 p. 01, a companhia tinha como meta do governo reduzir 15% o consumo de energia elétrica, mas conseguiu uma redução de 22%. Na época o grupo era bastante focado em energia elétrica, mas em 2005 teve sua área de atuação ampliada com a criação da unidade de energia e utilidades, tornando possível um gerenciamento de energia propriamente dito.

2.5.3 Processos

Com a difusão da informática e da eletrônica o gerenciamento de energia se tornou mais eficiente. Fazer acompanhamento do consumo e obter estimativas de redução se tornaram tarefas mais simples com a utilização de computadores e sistemas sem fio (CUNHA, 2010 p. 01). Segundo Thiago Moret (diretor da empresa WM Energia), 2010 apud CUNHA, 2010 p. 01, antigamente essas análises eram feitas com equipamentos grandes, pesados, com pouca memória e caros. Uma análise demorava cerca de três dias, como o equipamento era lento e sem conexão com a internet, as leituras nunca eram em tempo real, ao contrário do que ocorre hoje em dia.

3METODOLOGIA

Para realização deste trabalho de conclusão de curso, foi realizada pesquisa exploratória, visto que há poucos estudos no que tange ao uso da técnica de Produção mais Limpa aliada aos princípios do Desenvolvimento Sustentável e também, buscou-se contribuir para o aumento do volume de informações a respeito de Produção mais Limpa. Segundo Gil (1991), as pesquisas exploratórias visam proporcionar maior familiaridade com o problema e deixá-lo mais claro.

De acordo com a abordagem, a pesquisa é de caráter qualitativo, pois apresenta informações que não podem ser quantificadas e também por julgar essa abordagem mais apropriada para aprofundar estudos sobre este tema (YIN, 2001).

Foi definido como método a pesquisa bibliográfica e o estudo de caso. A pesquisa bibliográfica, conforme Marconi e Lakatos (1999), abrange toda bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo e sua finalidade é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que já foi produzido sobre o assunto.

Segundo Gil (1991, p. 58), estudo de caso é um método caracterizado pelo “estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira que permita o seu amplo e detalhado conhecimento”.

Cervo e Bervian (1996) comentam que os principais instrumentos de coleta de dados são a entrevista, o questionário e o formulário. Nesta pesquisa, os dados serão coletados em fontes primárias e secundárias. Para a técnica de coleta de informações em fontes primárias, foi empregada a entrevista semiestruturada e observação não participante que foi aplicada junto à empresa pesquisada. As fontes secundárias utilizaram informações contidas na literatura acerca do tema pesquisado e documentos internos da empresa.

Para a elaboração do trabalho de conclusão de curso se fez, inicialmente, um referencial teórico através do levantamento de dados secundários referentes ao tema proposto, de forma a se criar um embasamento técnico-científico que possa auxiliar na elucidação e resolução do problema apresentado.

Posteriormente, foi realizada uma descrição do setor em estudo, das atividades que compõe o processo produtivo e das atividades de apoio, de forma a caracterizar cada etapa e apresentar um fluxograma geral do processo, identificando, também, alguns controles já existentes relacionados a produção. Da mesma forma, apresentar melhorias no processo com enfoque na redução de custo

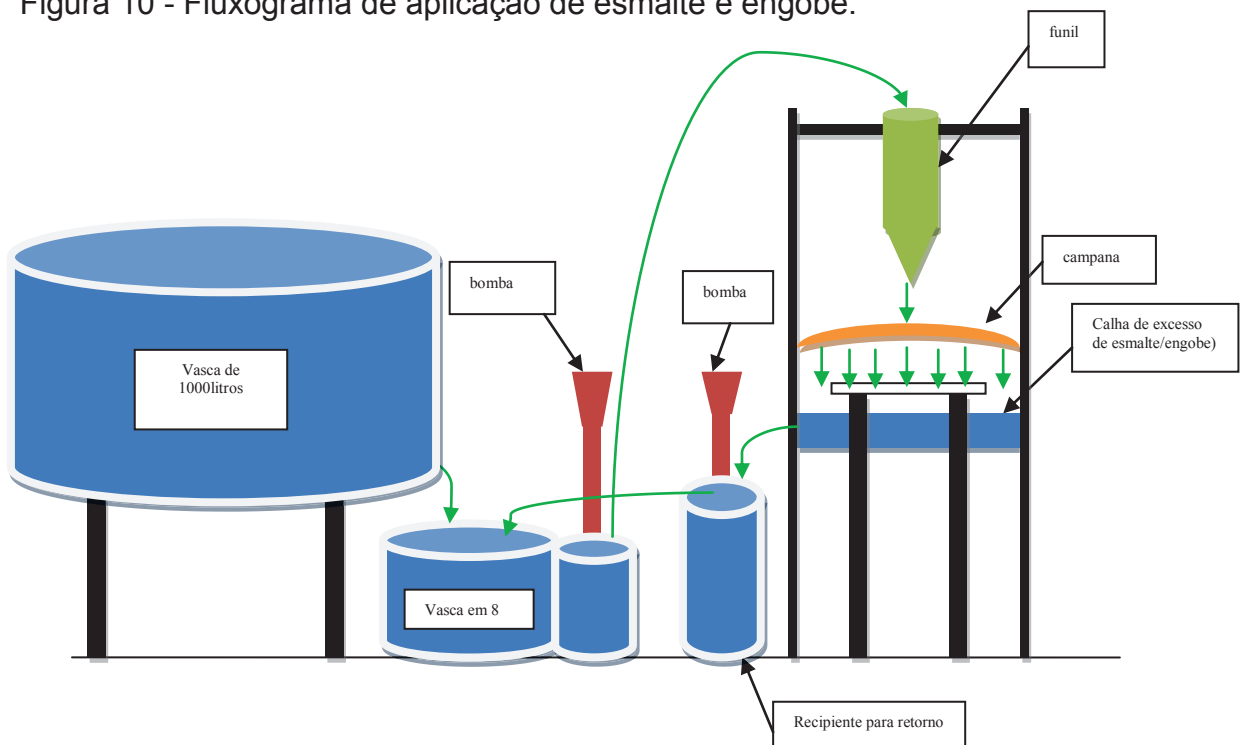
de produção e, conseqüentemente, o consumo de energia por m² produzido e matéria prima.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

4.1 Processo de Esmaltação

O processo de esmaltação tem duas fases: a primeira é a aplicação de engobe, que é uma espécie de esmalte que tem a função de fazer a ligação entre a peça e o esmalte. A segunda fase é a aplicação do esmalte propriamente dito. Essas duas fases são realizadas da mesma forma com as seguintes etapas: os esmaltes/engobes são transportados para a linha em vascas de 1000 litros, das vascas de 1000 litros são despejados em vascas em “8” de 150 litros, depois são bombeados para os funis, de onde caem em campanas e são aplicados diretamente nas peças. O excesso dos esmaltes/engobes caem em um recipiente de onde são bombeados de volta para a vasca em “8” de acordo com o fluxograma a seguir:

Figura 10 - Fluxograma de aplicação de esmalte e engobe.

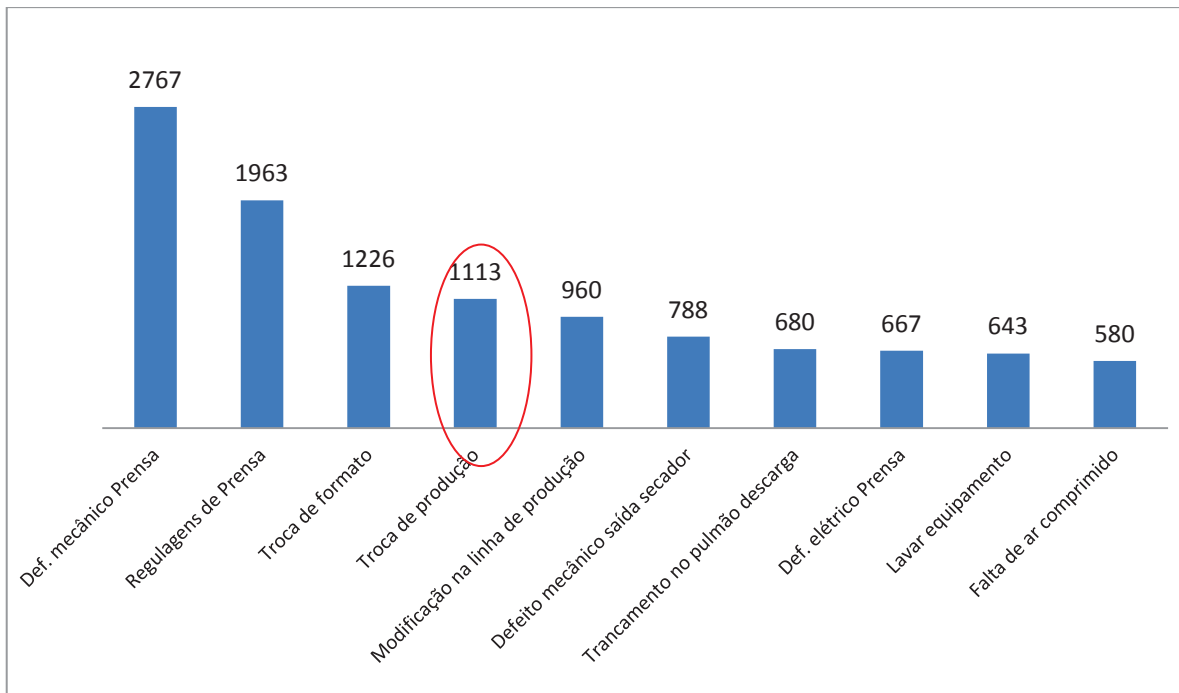


Fonte: do autor, 2013

4.2 Resultados e discussões

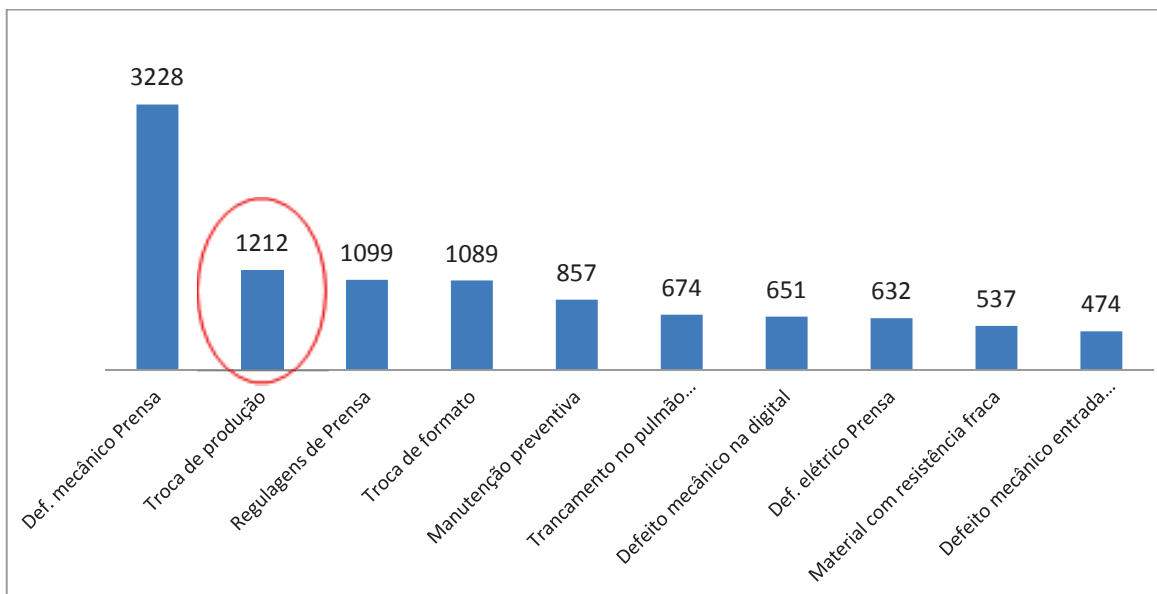
De acordo com monitoramentos realizados na empresa, as trocas de produção estão entre as cinco maiores causas de queda de eficiência da fábrica como observado nas figuras 11 a 17.

Figura 11 - Principais motivos de paradas de fornos na empresa (min/mês – janeiro 2013).



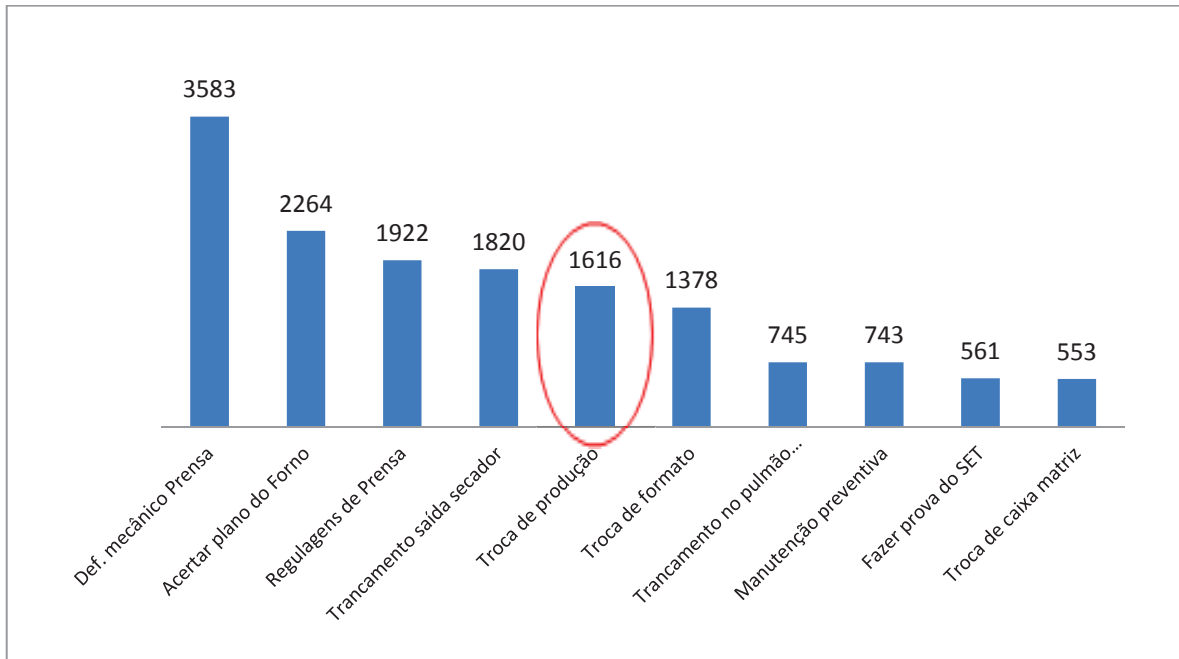
Fonte: do autor, 2013.

Figura 12 - Principais motivos de paradas de fornos na empresa (min/mês – fevereiro, 2013).



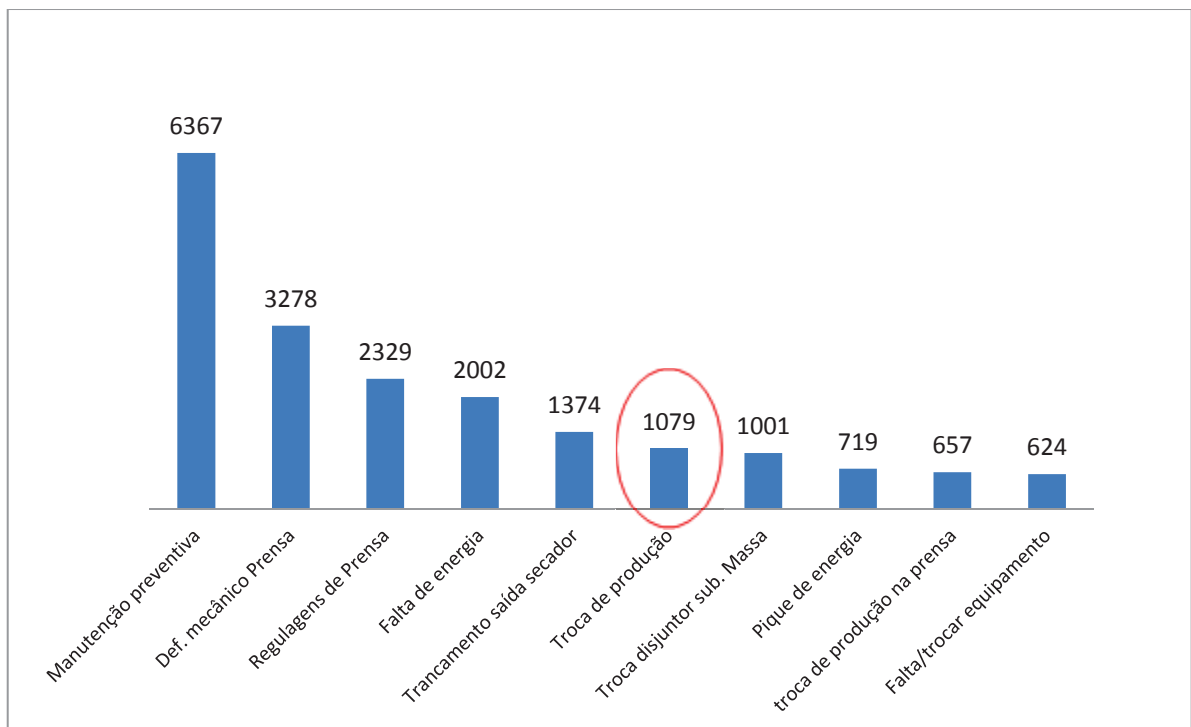
Fonte: do autor, 2013.

Figura 13 - Principais motivos de paradas de fornos na empresa (min/mês – março, 2013).



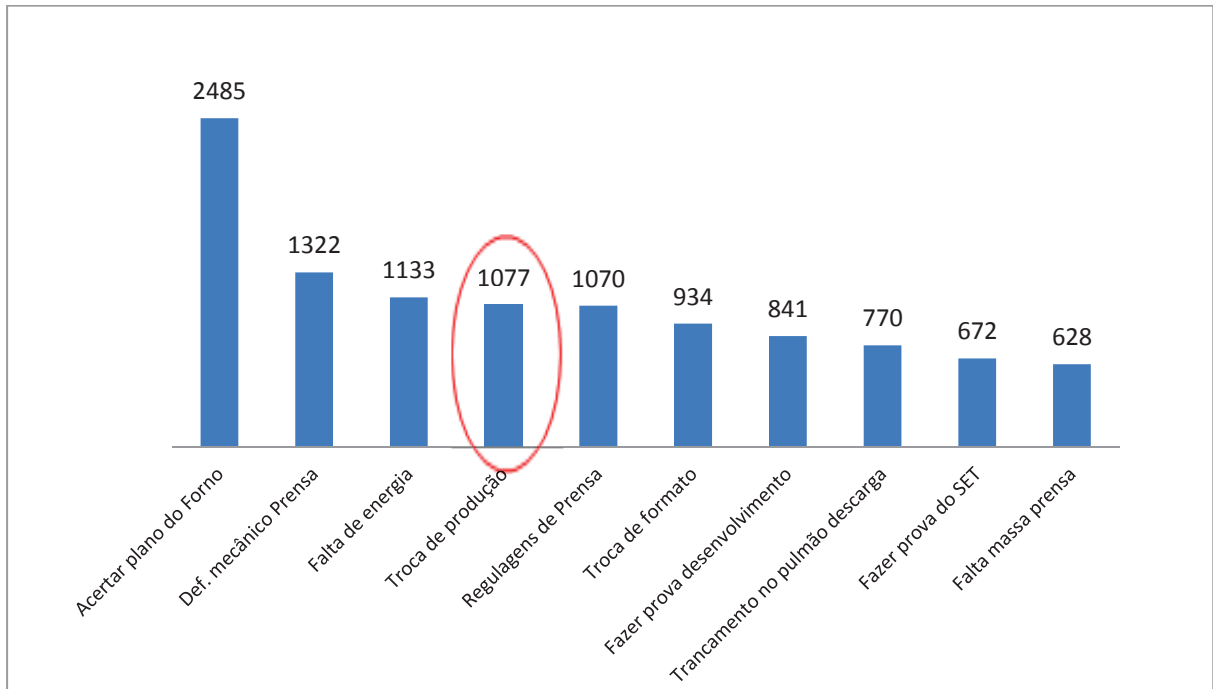
Fonte: do autor, 2013.

Figura 14 - Principais motivos de paradas de fornos na empresa (min/mês – abril, 2013).



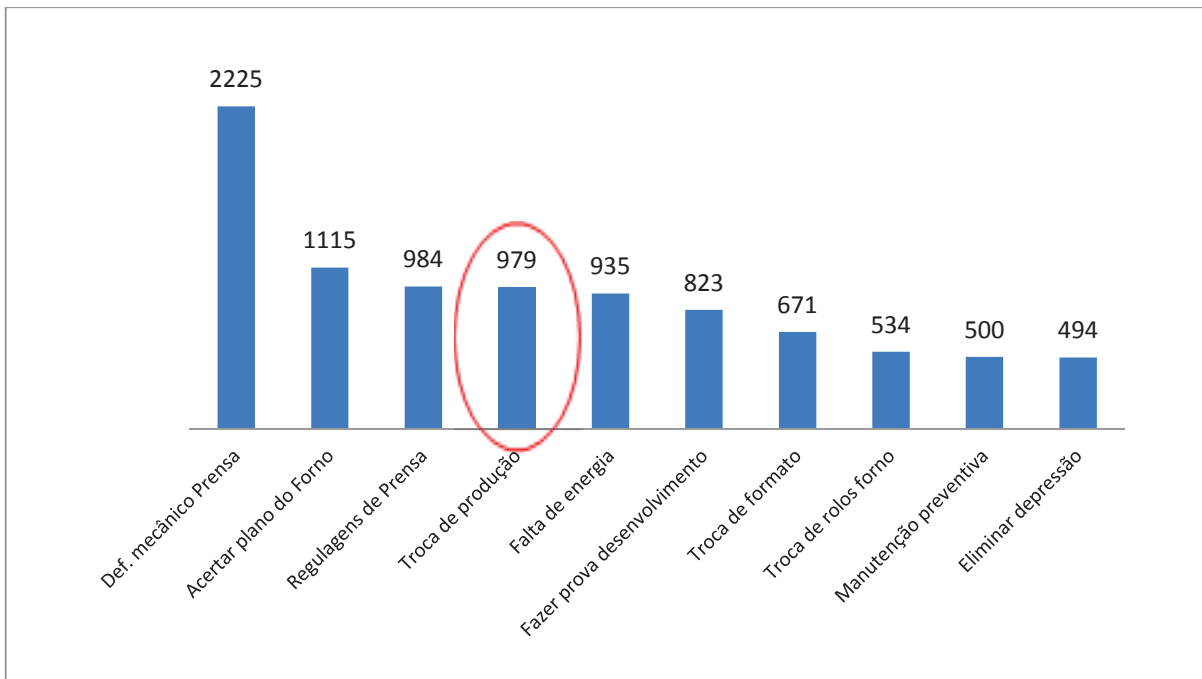
Fonte: do autor, 2013.

Figura 15 - Principais motivos de paradas de fornos na empresa (min/mês – maio, 2013).



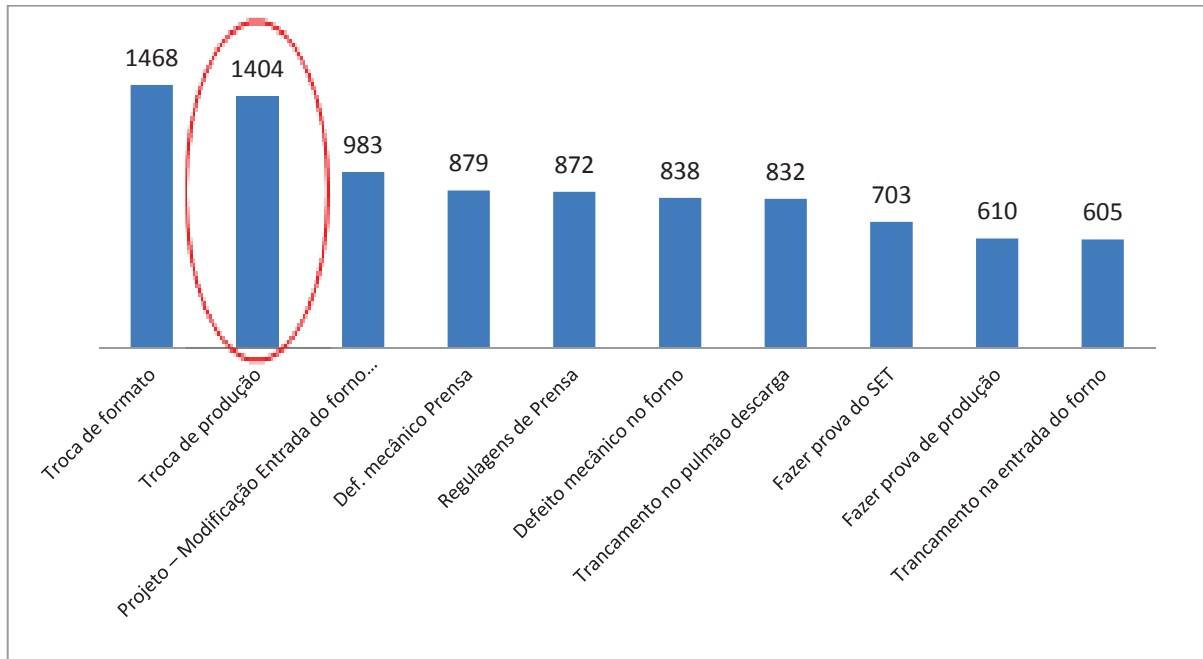
Fonte: do autor, 2013.

Figura 16 - Principais motivos de paradas de fornos na empresa (min/mês – junho, 2013).



Fonte: do autor, 2013.

Figura 17 - Principais motivos de paradas de fornos na empresa (min/mês – julho, 2013).



Fonte: do autor, 2013.

A mesma ficou cerca de 8.480 minutos (somente entre os meses de janeiro a julho) com os fornos vazios devido às trocas de produção e lavagem dos equipamentos das esmaltadeiras. Como cada minuto de forno parado custa para a empresa cerca de R\$ 47,00, então, somente nos meses de janeiro a junho ela deixou de faturar cerca de R\$ 398.560,00 devido às paradas para as trocas de produção.

Para diminuir esse tempo e consequentemente o prejuízo da empresa, esse processo foi filmado e analisado. Com isso constatou-se que nele há uma série de atividades que demoram alguns minutos, como: secagem das vascas em 8 (5 minutos); lavagem das vascas em “8” (10 minutos); lavagem dos filtros (20 minutos); lavagem das campanas de aplicação de esmalte e engobe (20 minutos); enchimentos das vascas em “8” (6 minutos); regulagem dos pesos do esmalte e engobe (2 minutos). Todo esse processo demorava cerca de 50 minutos.

4.3 Alternativas para diminuir setup de troca de produção

4.3.1 Primeira alternativa

A primeira alternativa levantada para diminuir o tempo total da parada foi a utilização de equipamentos reserva, para, em vez de lavá-los durante o set-up, seria necessário apenas substituí-los por outros prontos para uso. Havendo a necessidade de lavar apenas as campanas de aplicação de esmalte, pois a mesma não deve ser removida do local e os equipamentos sujos seriam lavados quando a linha já estivesse rodando normalmente. Com esse método, a troca de produção levaria, teoricamente, cerca de 15 minutos para ser concluída, pois os dois colaboradores iriam lavar as campanas, atividade essa que normalmente leva 20 minutos com apenas um colaborador e ainda deveriam acertar a camada de aplicação do esmalte e engobe.

Para comprovar a eficácia dessa alternativa foi realizado um teste prático em linha. O resultado foi melhor que o esperado, pois a troca foi realizada em exatamente 10 minutos. Com isso o tempo foi reduzido em 40 minutos. Como essa atividade é realizada todos os dias e reduzindo 40 minutos de parada por dia, em um mês haverá uma redução total de cerca de 1200 minutos, quase a média de tempo de parada do mês atualmente, que é cerca de 1210 minutos. Isso significa que as paradas causadas pelas trocas de produção irão ter uma redução de 99%.

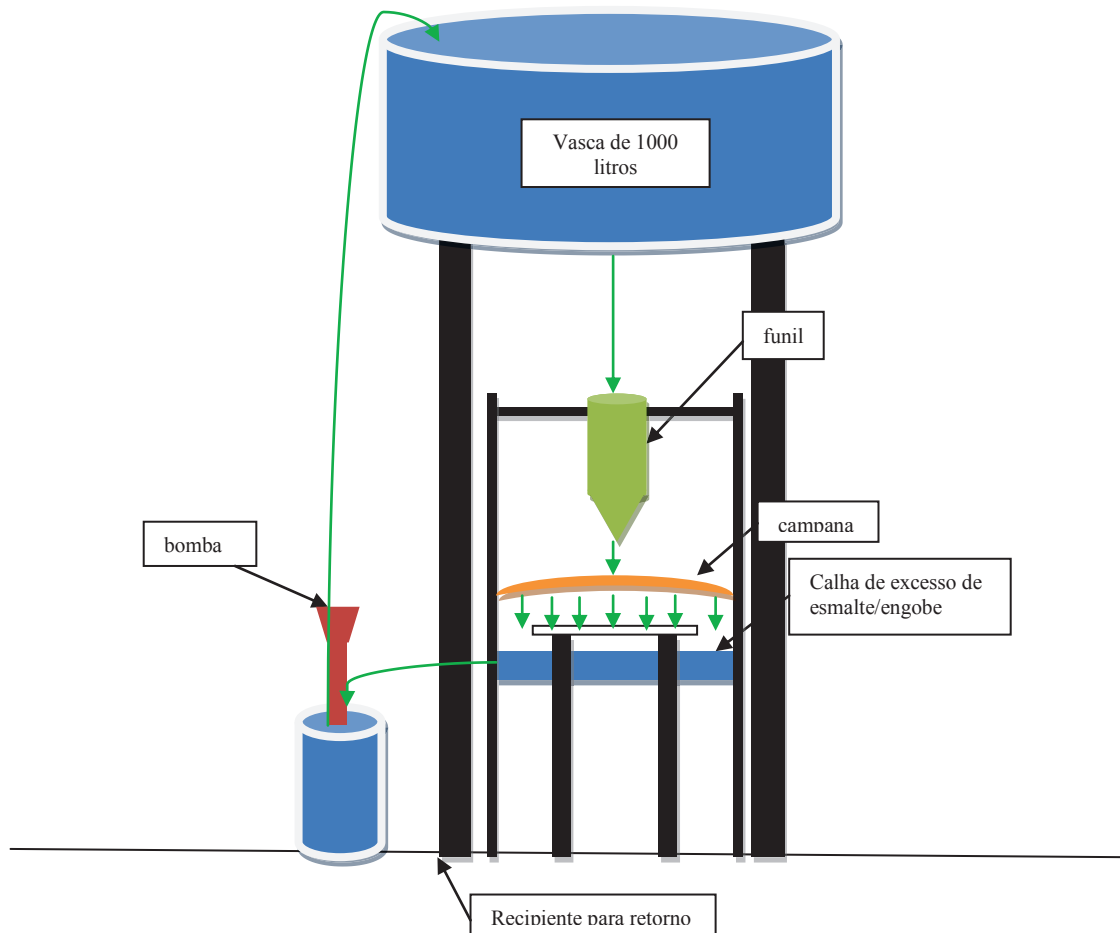
O ponto negativo dessa alternativa é que ela exige um investimento inicial de cerca de R\$ 150.000,00 para instalação em todas as linhas de produção, um maior espaço físico e esforço dos colaboradores, pois eles precisam afastar as vascas em “8” das linhas de produção para lavá-las. Em compensação, o payback (retorno do pagamento) dessa alternativa é de cerca de 80 dias.

4.3.2 Segunda alternativa

A segunda alternativa consiste em eliminar algumas etapas e equipamentos, como a vasca em “8” e uma bomba girafa, na aplicação de esmalte e engobe, colocando a vasca de 1000 litros acima do funil e fazendo com que os mesmos sejam aplicados nas peças utilizando somente a força da gravidade.

Esse método tem um tempo de troca previsto de 15 minutos como a primeira alternativa, mas possui algumas vantagens sobre ela, como a redução de equipamentos na esmaltadeira, o que permite a redução de consumo de água para lavá-los, energia elétrica e espaço. Outra vantagem é o baixo investimento para implantá-la, pois não exige compra de equipamentos novos, apenas instalação de cavaletes para colocar as vascas de 1000 litros no alto. A aplicação seria feita de acordo com a figura 18:

Figura 18 - Nova proposta de aplicação de esmalte e engobe.



Fonte: do autor, 2013

Não foram feitos testes para essa alternativa, pois ela possui algumas desvantagens graves. A primeira é a questão de segurança, é inseguro para os colaboradores trabalharem ao lado de uma carga de peso tão grande, (cerca de 2.300 kg). A segunda é que como o esmalte retorna diretamente para a vasca de 1000 litros, há um risco muito grande de contaminar o lote inteiro de esmalte e engobe, que em dinheiro, equivale ao mesmo que 100 minutos de forno vazio. A terceira é que irá exigir um maior monitoramento das vascas pelos colaboradores,

eles devem constantemente subir para verificá-las e também a camada de aplicação do esmalte e engobe, pois quando a vasca está secando, sua vazão também diminui, alterando a dosagem dos mesmos e conseqüentemente afeta a qualidade do produto.

4.3.3 Terceira alternativa

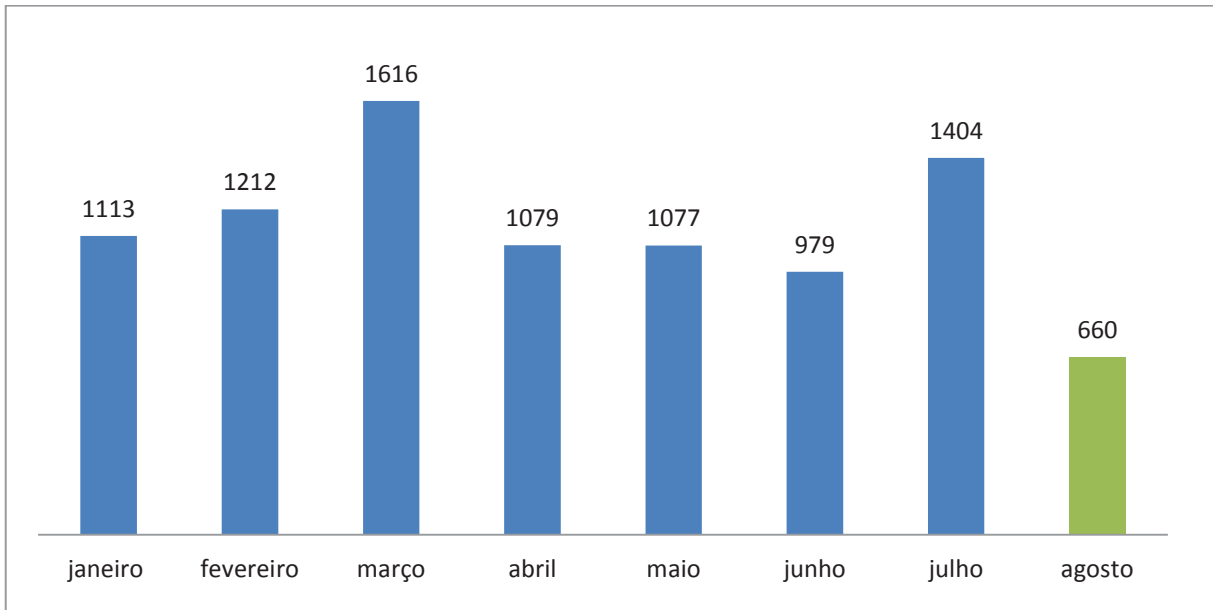
A terceira alternativa seria o treinamento dos colaboradores para fazer a troca mais rápida e no momento em que os pulmões na entrada do forno estiverem cheios, ou com estoque bem acima do tempo necessário para a troca. Essa necessita de um investimento inicial baixo, pois exige somente orientação para os colaboradores e elas poderiam ser realizadas pelos gerentes de produção.

4.3.4 Alternativa aplicada na empresa

Para aplicação na empresa, foi escolhida uma mescla da primeira e a terceira alternativas, pois o treinamento foi realizado e juntamente com isso, também foi utilizado um equipamento reserva, o filtro, para substituição no momento da troca. Esse equipamento foi escolhido pelo seu tempo de lavagem ser elevado e seu preço ser mais baixo em relação aos outros equipamentos. Essa alternativa teve um investimento total de R\$3.300,00. Dentre os níveis de produção mais limpa, essa prática se enquadra no nível 1, redução na fonte, modificação de processo, housekeeping e modificação de tecnologia.

Sendo assim, no momento da troca, os colaboradores irão lavar os equipamentos normalmente, trocando apenas os filtros e quando os pulmões na entrada dos fornos estiverem com estoque maior que uma hora. Essa alternativa foi implantada já no mês de agosto de 2013 e notou-se uma redução significativa, como visto na figura 19:

Figura 19 - Comparação das paradas causadas pela troca de produção (min/mês 2013).



Fonte: do autor, 2013

Analisando o gráfico, nota-se que no primeiro mês de implantação do programa de trocas rápidas, houve uma redução no tempo de parada causada pela troca de produção de uma média de 1210 minutos para 660 minutos, ou seja, uma redução de 550 minutos, tomando como base o total de horas possíveis de trabalho de todos os fornos da fábrica por mês, houve um aumento de 0,18% da eficiência total da fábrica.

Outro importante resultado obtido foi a redução de consumo de energia elétrica, gás natural e carvão mineral por m² do produto. No mês de agosto de 2013 houve uma redução de 1,16% de energia elétrica, 1,14% de gás natural e 2% de carvão mineral, dando um retorno total bruto de R\$ 28.436,25 e um líquido de R\$ 25.236,25 como observado no quadro 2.

Quadro 2 - Percentual de aproveitamento dos tipos de energia e retorno líquido do primeiro mês de aplicação do projeto

insumo aproveitado	percentual de aproveitamento(%)	retorno (R\$)	item investido	valor do item investido (R\$)
energia elétrica	1,16	5.923,14	filtros	2.800
gás natural	1,14	17.262,17	treinamento	500
carvão mineral	2,00	5.250,94		
	total bruto	28.436,25	total	3.300
	retorno total líquido		25.136,25	

Fonte: do autor, 2013.

5 CONCLUSÃO

Para execução das atividades práticas na fábrica, foi necessário desenvolver alguns conhecimentos do processo cerâmico, sobre o funcionamento da empresa, bem como suas necessidades. Para isso, foi extremamente importante aprimorar conhecimentos de estratégias de levantamentos e tratamento de dados.

Os resultados esperados pela aplicação do projeto foram atingidos, juntamente com a redução do setup na troca de produção. Houve também um maior monitoramento dos esmaltes, engobes e massa, para garantir a qualidade do produto final, reduzindo assim o número de quebras e o desperdício dos mesmos.

Para iniciar o projeto foi necessária uma análise das trocas de produção, sendo possível controlar novas variáveis como: o tempo de cada atividade envolvida no setup, como por exemplo, quanto tempo demora a lavagem de cada equipamento que interfere diretamente na eficiência da fábrica.

Além da redução de desperdício de matéria prima, energia elétrica e gás natural, houve também a redução de desperdício de carvão mineral utilizado para atomização da barbotina, obtendo-se assim, um resultado melhor que o esperado.

Para trabalho futuro, é recomendado que a alternativa de colocar a vasca de 1000 litros acima da linha de produção seja melhor estudada de maneira que possibilite a aplicação dessa sem o risco de contaminação e acidentes de trabalho. Deve ser estudada também, para menor desperdício de matéria prima, maneiras de diminuir as quebras causadas por problemas corriqueiros como, trincas e empenos nas peças.

REFERÊNCIAS

ABREU, Yolanda Vieira de. **Estudo comparativo da eficiência energética da indústria cerâmica de revestimento via úmida no Brasil e na Espanha.** Campinas-SP: UNICAMP. Faculdade de Engenharia Mecânica (tese de doutorado acadêmico). 2003, 135 f.

ALBARO, J. L. Amorós. A operação de prensagem: considerações técnicas e sua aplicação industrial parte II: A compactação. **Revista Eletrônica Cerâmica Industrial.** V.5 n 6, p. 14-20, Nov/Dez, 2000. Disponível em: <http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v05n06/v5n6_2.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2013.

AFANCER – Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimento, Louças Sanitárias e Congêneres. **História da cerâmica.** São Paulo: AFANCER 2012. Disponível em: <<http://www.anfacer.org.br/site/default.aspx?idConteudo=157&n=Hist%C3%B3ria-da-Cer%C3%A2mica>>. Acesso em 12 set. 2013

ANDRADE, Monica Calisto de; *et. al.* Rochas e minerais para cerâmica de revestimento. *In:* LUZ, Adão Benvindo da; LINS, Fernando Antonio Freitas. **Rochas e minerais industriais: uso e especificações.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005. 867p.: il. Cap. 27, p. 559 – 582.

BRASIL (Org.). **Manual de educação para um consumo sustentável.** Disponível em: <http://www.idec.org.br/uploads/publicacoes/publicacoes/Manual_completo.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2013.

BERG, Egon Antonio Torres. Matérias primas minerais para a indústria cerâmica. **Anais...** I Seminário A Indústria Mineral Sustentável. FIEPR – Federação das Indústrias do Estado do Paraná, Curitiba: 30 nov – 01 dez 2006. Apresentação de Casos de Sucesso sobre o tema A Evolução Da Tecnologia Na Mineração Disponível em: <[http://www.fiepr.org.br/para-empresas/conselhos/mineral/uploadAddress/Palestra%20I%20Semin%C3%A1rio%20da%20Ind%C3%BAstria%20Mineral%20-%20Egon%20Berg\[21340\].pdf](http://www.fiepr.org.br/para-empresas/conselhos/mineral/uploadAddress/Palestra%20I%20Semin%C3%A1rio%20da%20Ind%C3%BAstria%20Mineral%20-%20Egon%20Berg[21340].pdf)>. Acesso em: 03 ago. 2013.

BUREAU VERITAS Certificação. **Gerencie a energia e corte custos e emissões.** São Paulo: Bureau Veritas. Disponível em <<http://www.bvqi.com.br/solucoes/sistema-de-gestao/energia/iso-50001.aspx>> Acesso em 25 out. 2013.

CASAGRANDE, Marcos Cardoso et al. Reaproveitamento de Resíduos sólidos Industriais: Processamento e Aplicação no Setor Cerâmico. **Revista Eletrônica Cerâmica Industrial.** V.13 n 1-2, p. 34-42, jan/abr, 2008. Disponível em: <http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v13n01/v13n1a04.pdf>. Acessado em: 27 set. de 2010.

CUNHA, Livia. Gerenciamento de energia no Brasil. Artigo. **O setor elétrico**. Santa Cecília – SP: Atitude Editorial. Disponível em: <<http://www.osetoelettrico.com.br/web/component/content/article/57-artigos-e-materias/393-gerenciamento-de-energia-no-brasil.html>> acesso em 28 out 2013.

DONAIRE, Denis. **Gestão ambiental na empresa**. 2.ed. São Paulo: Ed. Atlas, 1999. 169 p.

EMPRESA CERÂMICA. **Dados técnicos de equipamentos**. Processo produtivo de prensagem à queima. Informações disponíveis na empresa. 2013.

FERNANDES, Jefferson. A gestão de consumo de energia elétrica nas empresas. Entrevista, Fábio Luiz Cuberos. **Consumidor Moderno Consciente**. São Paulo: Grupo Padrão. Disponível em <<http://consumidorconsciente.eco.br/index.php/2012-11-22-13-03-44/item/583-a-gest%C3%A3o-de-consumo-de-energia-el%C3%A9trica-nas-empresas.html>> Acesso em 26 out. 2013.

FIESC - Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina. **Santa Catarina em Dados 2012** / Unidade de Política Econômica e Industrial. - Florianópolis: FIESC, 2012. 152p. : il. ; 31 cm

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3º. ed. São Paulo: Atlas, 1991.

HANSEN, Adriana Petrella; *et al.*: Identificação de oportunidades de melhoria de desempenho ambiental em processo de produção de materiais cerâmicos via aplicação da técnica de avaliação de ciclo de vida (ACV). **Revista Produção Online**, v.10, n.4, p. 912-936, dez., 2010

LOPES, Maiara Binatti Margotti. **Importância do controle de granulometria no silo para a produção de porcelanato**. 2010. 15 f. TCC. Artigo (graduação em tecnologia e cerâmica). Criciúma: UNESC, 2010 Disponível em: <<http://www.bib.unesc.net/biblioteca/sumario/000043/00004390.pdf>>. Acesso em: 02 ago. 2013.

LUZ, Adão Benvindo da; OLIVEIRA, Cristiano Honório de. Bentonita. *In*: LUZ, Adão Benvindo da; LINS, Fernando Antonio Freitas. **Rochas e minerais industriais: uso e especificações**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005. 867p.: il. Cap. 10, p. 217 – 230.

LUZ, Adão Benvindo da; *et. al.* Caulin. *In*: LUZ, Adão Benvindo da; LINS, Fernando Antonio Freitas. **Rochas e minerais industriais: uso e especificações**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005. 867p.: il. Cap. 11, p. 231 – 262.

LUZ, Adão Benvindo da; COELHO, José Mário. Feldspato. *In*: LUZ, Adão Benvindo da; LINS, Fernando Antonio Freitas. **Rochas e minerais industriais: uso e especificações**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005. 867p.: il. Cap. 19, p. 413 – 430.

MARCONI, M. A. de; LAKATOS, E. M.; **Técnicas de Pesquisa: planejamento e execução, amostragem e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 1999.

NASCIMENTO, Luis Felipe; LEMOS, Ângela Denise da Cunha; MELLO, Maria Celina Abreu de. **Gestão socioambiental estratégica**. Porto Alegre: Bookman, 2008. 229 p.

NASCIMENTO, Luis Felipe; LEMOS, Ângela Denise da Cunha; MELLO, Maria Celina Abreu de. **CD-ROM P + L em Contexto**. Porto Alegre: UFRGS - PPGA/EA Programa de Pós-Graduação em Administração, 2002.

OLIVEIRA, Maria Cecília; MAGANHA, Martha Faria Bernils. **Guia técnico ambiental da indústria de cerâmicas branca e de revestimentos**. São Paulo: CETESB, 2006. 90 p. (Série P + L).

PONTES, Ivan Falcão; ALMEIDA, Salvador Luiz Matos de. Talco. *In*: LUZ, Adão Benvindo da; LINS, Fernando Antonio Freitas. **Rochas e minerais industriais: uso e especificações**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005. 867p.: il. Cap. 29, p. 607 – 628.

RIBEIRO, Manoel J.; VENTURA, José M.; LABRINCHA, João A. A atomização como processo de obtenção de pós para a indústria cerâmica. **Revista Eletrônica Cerâmica Industrial**. V.6, n 5 , p. 35-40, set/out, 2001. Disponível em: <http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v06n05/v6n5_5.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2013.

SAMPAIO, João Alves; FRANÇA, Silvia Cristina Alves. Nefelina sienito. *In*: LUZ, Adão Benvindo da; LINS, Fernando Antonio Freitas. **Rochas e minerais industriais: uso e especificações**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005. 867p.: il. Cap. 26, p. 545 – 559.

SEVERO, Eliana Andrea; OLEA, Pelayo Munhoz. Metodologias de produção mais limpa: um estudo de caso no pólo metal-mecânico da Serra Gaúcha. **Revista INGEPRO – Inovação, Gestão e Produção**, v.2, n.6, p. 73-81, jul., 2010.

SILVA FILHO, Julio Cesar Gomes da; SICSÚ, Abrahan Benzaquem. **Produção Mais Limpa: uma ferramenta da Gestão Ambiental aplicada às empresas nacionais**. XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção, ENEGEP - Ouro Preto, MG, Brasil, 21 a 24 de out de 2003.

SILVA FILHO, Julio Cesar Gomes da et al. **Aplicação da Produção mais Limpa em uma empresa como ferramenta de melhoria contínua**. *Produção*. v.17, n.1, p.109-128, Abr 2007. ISSN 0103-6513. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010365132007000100008&script=sci_arttext>. Acesso em: 22 de outubro de 2013.

SHUMACHER Insumos. **Dados técnicos de argilas bentonitas**. Porto Alegre: SCHUMACHER INSUMOS Disponível em<<http://www.schumacherinsumos.com.br/aplicacoes.html>> Acesso em: 24 ago. 2013.

WERNER, Eveline de Magalhães; BACARJI, Alencar Garcia; HALL, Rosemar José.

Produção mais limpa: conceitos e definições metodológicas. Cuiabá, MT: IFMT; UFGD, 2009. 15p.

YIN, R. K. **Case Study Research:** design and methods. Newbury Park: Sage Publications, 2001.
