

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS
CLASSE 1 NA PRODUÇÃO DO CIMENTO EM UMA FÁBRICA NA REGIÃO DA
CAMPANHA**

LUIS FREDERICO TOKUMOTO SEQUEIRA
ORIENTADORA: PROF^a ANDRESSA R. LHAMBY

Bagé
2014

LUIS FREDERICO TOKUMOTO SEQUEIRA

**ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS
CLASSE 1 NA PRODUÇÃO DO CIMENTO EM UMA FÁBRICA NA REGIÃO DA
CAMPANHA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Graduado em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof^a Andressa R. Lhamby

Bagé

2014

LUIS FREDERICO TOKUMOTO SEQUEIRA

**ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS
CLASSE 1 NA PRODUÇÃO DO CIMENTO EM UMA FÁBRICA NA REGIÃO DA
CAMPANHA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Graduado em Engenharia de Produção.

Dissertação defendida e aprovada em: __ / __ / __

Prof. Andressa R. Lhamby
Orientadora

Prof. _____

Prof. _____

Dedico este trabalho especialmente à minha esposa Rebeca, pelo carinho, paciência e compreensão durante esta jornada. À minha filha Sara, pelos momentos de alegria e inspiração.

AGRADECIMENTOS

A Professora Andressa pela orientação e pelo apoio para conclusão do trabalho.

A todos os colegas de curso pelo convívio e pelos momentos de amizade.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

O presente trabalho é o resultado do trabalho de conclusão de curso e tem a finalidade investigar as vantagens e os possíveis impactos econômicos e ambientais que o uso de resíduos sólidos classe 1 (resíduos resultantes de atividades industriais com alta periculosidade) possuem no processo de fabricação do cimento através de um estudo de caso. A partir disso, busca-se analisar também se a substituição do combustível convencional que compõem o cimento pelo coprocessado é realmente uma vantagem ambiental, pois a queima deste novo componente necessita de um monitoramento contínuo de gases expelidos pelo sistema. Assim, busca-se através deste estudo analisar o caso de uma fábrica estabelecida na Região da Campanha – RS, será verificado todo o processo desenvolvido pela indústria a fim de utilizar os resíduos industriais como combustível em fornos substituindo os combustíveis tradicionais, normalmente fósseis e não renováveis. Nos últimos anos o uso de resíduos sólidos classe 1 tem aumentado, pois proporciona uma redução de custos e permite a destruição destes componentes de forma mais segura e responsável. Entretanto, para isso é necessário seguir e fazer com que a empresa esteja enquadrada em uma rígida legislação ambiental, com constante controle de emissões e monitoramentos das operações. Com análise dos resultados, pode-se verificar que realmente o coprocessamento é um avanço na indústria cimenteira e que será um processo adotado pela maioria dos grandes grupos.

Palavras-Chaves: resíduos, cimento, indústria, legislação ambiental

ABSTRACT

The present work is the result of the work of completion and has the purpose to investigate the advantages and potential economic and environmental impacts that the use of Class 1 solid waste (waste resulting from industrial activities with high hazard) are in the process of manufacturing cement through a case study. From this, it seeks to analyze also the replacement of conventional fuel that make up the co-processed cement is actually an environmental advantage, because burning this new component requires a continuous monitoring of gases expelled by the system. So search through this study to analyze the case of a factory established in the Region of Campanha - RS, will be checked throughout the process developed by industry to utilize industrial waste as fuel in furnaces replacing traditional fuels, usually fossil and non-renewable. In recent years the use of solid Class 1 has increased as it provides a cost reduction and destruction of these components allows for a more secure and accountable. However, it is necessary to follow and cause the company to be framed in a rigid environmental legislation, with constant emissions control and monitoring of operations. With analysis of the results, it can be seen that the coprocessor is really a breakthrough in the cement industry and will be a process adopted by most large groups.

Key word: residues (waste), cement industry, environmental legislation

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Processo produtivo do cimento.....	14
Figura 2: Britador.....	15
Figura 3: Moinho de Rolos.....	16
Figura 4: Clinquer.....	18
Figura 5: Forno – vista interna.....	18
Figura 6: Forno rotativo de Clinquer.....	19
Figura 7: Moinho de Cimento.....	20
Figura 8: Ensacadeira.....	21
Figura 9: Classificação do Resíduo.....	23
Figura 10 - Tela de operação Britador.....	44
Figura 11- Tela de operação Moinho de Cru.....	44
Figura 12 - Tela de operação Filtro de Mangas.....	45
Figura 13 - Tela de operação do Forno.....	46
Figura 14 - Tela de operação Resfriador.....	47
Figura 15 - Tela de operação Moinho de Cimento.....	48
Figura 16 - Filtro de Mangas.....	53
Figura 17 - Coleta de amostra isocinética.....	54
Figura 18 - Localização analisador THC.....	55
Figura 19- Sonda analisador THC.....	55
Figura 20 - Unidade de tratamento de gás.....	56
Figura 21 - Planilha FEPAM.....	57
Figura 22 - Galpão de estocagem de Resíduo Classe I.....	58
Figura 23 - Baias de estocagem de Resíduo Classe I.....	58
Figura 24 - Galpão de dosagem de resíduo.....	59
Figura 25 – Balanças dosadoras de pneu picado e resíduo.....	59
Figura 26 - Baia com resíduo classe I.....	60
Figura 27 – Vista externa moega do resíduo classe I.....	60
Figura 28 - Vista interna moega do resíduo classe I.....	61
Figura 29 - Comando Central.....	61
Figura 30 - Tela de operação do resíduo.....	62
Figura 31 - Tela PCI.....	62
Figura 32 - Mistura resíduos.....	63
Figura 33 - Analisador na tela de operação.....	63

Figura 34 - Dosagem de resíduo.....	67
Figura 35 - Resultado coletas	68
Figura 36 - Médias amostragens.....	69

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Materiais coletados.....	64
Tabela 2 - Período de amostragem	65
Tabela 3 - Condições do Forno	66
Tabela 4 - Movimentação de estoque	66
Tabela 5 - Resíduos consumidos	67

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	JUSTIFICATIVA	11
3	OBJETIVOS	12
3.1	Objetivo geral.....	12
3.2	Objetivos específicos.....	12
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
4.1	Cimento	13
4.2	Processo de fabricação do cimento.....	13
4.2.1	Britagem	14
4.2.2	Moinho de Cru	15
4.2.2.1	Moinho vertical de rolo	16
4.2.3	Clinquerização	17
4.2.3.1	Sistemas de alimentação de combustíveis.....	19
4.2.4	Moinho de Cimento	20
4.2.5	Ensacadeira	21
4.3	Resíduos.....	22
4.3.1	Resíduos classe I - Perigosos	23
4.3.1.1	Inflamabilidade.....	23
4.3.1.2	Corrosividade.....	24
4.3.1.3	Reatividade.....	24
4.3.1.4	Toxicidade	25
4.3.1.5	Patogenicidade	26
4.3.2	Utilização de resíduos na indústria	26
4.3.3	Utilização de resíduos classe 1 na indústria cimenteira	27
4.3.4	Legislação ambiental	27
4.3.5	Legislação ambiental na indústria cimenteira	29
4.3.6.1	Legislação ambiental de resíduos de classe 1	31
4.3.7	Impactos ambientais.....	31
4.3.8	Principais impactos ambientais na indústria cimenteira	34
4.3.9	Avaliação de impactos ambientais	34
4.3.10	Medidas mitigadoras e compensatórias dos impactos ambientais.....	38
5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	40
5.1	A amostra da pesquisa	40
5.2	Pesquisa exploratória	41
6	RESULTADOS OBTIDOS.....	42
6.1	Intercement	42
6.2	Unidade operacional de Candiota.....	43
6.2.1	Processo produtivo da unidade operacional de Candiota.....	44
7	COPROCESSAMENTO DE RESÍDUO CLASSE 1 NA UNIDADE OPERACIONAL	49

7.1	Estudo de viabilidade de queima (EVQ)	50
7.2	Proposta de coprocessamento.....	50
7.3	Plano de teste de queima (PTQ)	51
7.4	Controle de emissões atmosféricas.....	51
7.5	Fluxo do resíduo dentro da unidade operacional	57
7.6	Resultados obtidos	64
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	70
9	REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	72

1 INTRODUÇÃO

Com a evolução da sociedade, o formato de construção das primeiras habitações deu lugar a grandes obras elaboradas, onde a criatividade de arquitetos e a precisão dos engenheiros são cada vez mais arrojadas. Estes avanços não apenas são necessários pelo constante crescimento da população, como também são frutos do desenvolvimento de uma nova mentalidade social, que foca não apenas o bem estar, como prima pela segurança das grandes construções, como pontes, viadutos e residências domiciliares. Com isso, a matéria prima destas construções - o cimento - tornou-se um dos produtos mais consumidos da atualidade.

O Sindicato Nacional das Indústrias do Cimento - SNIC - (2013) relata que a história do cimento data desde o início do Império Romano, onde materiais aglomerantes chamados de "*caementum*" (e que originaram, posteriormente, a palavra "cimento"), eram utilizados para as construções desenvolvidas por este povo. No entanto, com a evolução das explorações e pesquisas que visavam a melhoria da resistência dos materiais e o aumento da demanda das construções concretas, fizeram com que esse "aglomerante" se tornasse um resultado de um complexo sistema produtivo. Assim, cada fase da fabricação do cimento envolve um conjunto de controles e operações unitárias fundamentais para os processos de transformações físico-químicas, termoquímicas e mineralógicas desta matéria-prima, incluindo a passagem pelo estado original e outros vários estágios intermediários para ser possível chegar, então, ao seu estado final, o cimento.

Para produção do cimento, existe um consumo oneroso de combustíveis utilizados na etapa de calcinação, onde a matéria-prima é aquecida a uma temperatura relativamente alta (1500 °C), utilizando materiais que possuem um grande poder calorífico (chamados de combustíveis fósseis e não renováveis) como o carvão e o óleo diesel. Esta etapa, que acompanha a indústria cimenteira, é considerada uma das fases de maior custo de todo processo de produção do cimento e também é umas das mais perigosas no que se refere aos impactos ambientais, devido a produção de resíduos sólidos altamente poluentes que devem ter um destino diferenciado, sendo inviável a sua eliminação em redes de esgoto ou corpos de água.

Conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da NBR10004, os resíduos sólidos são os materiais provenientes de atividades de origem industrial,

doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição os quais apresentam riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública. Estes resíduos são materiais altamente tóxicos e não podem ser reciclados, o seu descarte é caro e os postos de coleta não suportam a demanda.

Entretanto, com a crescente preocupação da sociedade com a preservação ambiental e o fato de indústrias de diferentes setores continuarem gerando mensalmente grandes volumes de diferentes resíduos sólidos contendo os mais diversos graus de periculosidade, abriu a possibilidade que estes insumos pudessem ser utilizados como fonte de energia térmica dentro do processo de fabricação de cimento, oferecendo assim, um destino para estes potenciais poluentes que não afetasse de forma tão arrebatadora o meio ambiente.

O emprego de resíduos sólidos, mais precisamente os classificados como classe 1, os quais possuem alta periculosidade, para o abastecimento de fornos em fábricas de cimento é novo, a preocupação com seus impactos é muito grande, porém os benefícios que irá trazer para a população são imensos, pois evitam a sua eliminação direta no meio ambiente. O uso dessa alternativa é cercado de procedimentos e normas de controle ambiental rígidas para que o seu consumo não provoque maiores impactos ao meio ambiente e que a qualidade do cimento, produto final, seja mantida. Assim, são gastos números significativos de combustíveis fósseis com o objetivo de buscar uma redução de custos e se enquadrar na legislação ambiental, surgindo assim, a necessidade de tentar novas alternativas de fontes de energia, como a casca de arroz ou pneus (SNIC, 2013). Em nossa região, por exemplo, durante muito tempo utiliza-se a casca de arroz.

Por muitos anos foram gastos números significativos de combustíveis fósseis com o objetivo de buscar uma redução de custos e se enquadrar na legislação ambiental, surgindo assim, a necessidade de tentar novas alternativas de fontes de energia, como a casca de arroz ou pneus (SNIC, 2013). Entretanto, com o aumento de uso deste material em usinas de energia, sua utilização se tornou mais cara.

De forma semelhante a outras tecnologias, o processo de fabricação de cimento passou por sucessivos aprimoramentos ao longo dos anos, sendo hoje, por este motivo, uma tecnologia conhecida e consagrada em todos os países do mundo. Por outro lado, a qualidade do cimento além da composição química e características mineralógicas das matérias-primas, dependem também de um conjunto de controles físico-químicos e procedimentos operacionais normalmente padronizados que devem ser postos em prática em todas as fases ou estágios do procedimento de manufatura do mesmo. Isto significa que a rigor, todos esses controles e

ajustes devem iniciar na fase de mineração e extração das matérias-primas e terminar na fase de expedição do produto final.

O setor cimenteiro no Brasil está em fase de expansão de seus negócios, novos grupos estão surgindo e existe um grande investimento estrangeiro. Neste momento, por exemplo, este setor está em fase de grande expansão devido às obras realizadas para a Copa do Mundo de 2014 e as Olimpíadas de 2016, o que significa que a produção está atingindo índices muito altos para a execução das obras, contribuindo assim, com o aumento ainda maior destes resíduos poluentes.

A busca de novas alternativas para redução de custos e a crescente preocupação e aumento da severidade das leis ambientais, torna essencial a utilização de novos combustíveis alternativos para o diferencial do processo cimenteiro. Os resíduos sólidos classe 1 (resíduos das indústrias calçadistas contaminados de óleo diesel e solventes) oferecem uma nova opção para a indústria cimenteira, porém a influência na qualidade do produto e impactos ambientais são poucos conhecidos para os gerentes de produção.

A portaria número 016/2010 da Fundação Estadual de Proteção Ambiental- FEPAM, onde as unidades de coprocessamento de fornos de clique estão autorizadas a destinação dos resíduos classe 1, prevê aos geradores dos insumos a responsabilidade do destino final e o licenciamento ambiental das fábricas de cimento, por serem uma das alternativas mais seguras de eliminação definitiva destes materiais da natureza.

Com isso, este trabalho tem como finalidade principal investigar as vantagens e os possíveis impactos econômicos e ambientais que o uso de resíduos sólidos classe 1 possui no processo de fabricação do cimento. Desenvolveu-se este trabalho em uma indústria de cimento na região da Campanha através da análise do seu processo produtivo em uma pesquisa de campo.

Outras questões importantes e que foram relevantes relacionam-se com a manutenção das características e padrões de qualidade do produto e a eficiência operacional neste processo, a fim de compreender o processo de resíduos classe 1 e as apresentar possíveis medidas de controle ambiental na sua utilização. Investiga-se também se a utilização destes resíduos poderá demonstrar alterações qualitativas na fabricação do produto final.

2 JUSTIFICATIVA

A fabricação do cimento faz o uso dispendioso de energia térmica com a utilização de combustíveis fósseis no forno rotativo onde ocorre a calcinação do calcário. Um dos principais caminhos para a redução de gastos e sustentabilidade da indústria cimenteira é economizar tanto quanto possível os combustíveis fósseis não renováveis e matérias-primas virgens e substituí-los por resíduos e materiais secundários.

Além disso, a indústria cimenteira é um dos processos que mais poluem e contribuem para mudanças climáticas no ambiente, o que faz com que o processo implique no grande uso de combustíveis não-renováveis, energia elétrica e emissão de gases na atmosfera. Por este motivo, há uma crescente preocupação das organizações e cobranças da sociedade com as questões ambientais e com o desenvolvimento sustentável. Logo, o entendimento e o correto gerenciamento destes insumos é um grande desafio para a indústria cimenteira.

Faz-se necessário o estudo e a compreensão das vantagens e os possíveis impactos ambientais na utilização dos resíduos sólidos classe 1 na fabricação do cimento. Assim, pode-se buscar a otimização da produção desta matéria-prima, reduzir seus custos, bem como conseguir enquadrar as indústrias que se utilizam desta alternativa às leis ambientais, diminuindo os riscos à população e à natureza.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Analisar e comprovar as vantagens e os possíveis impactos ambientais na utilização de resíduos classe 1 na produção do cimento em uma fábrica na região da Campanha.

3.2 Objetivo específico

- a) Estudar o processo de coprocessamento de resíduo classe 1 na empresa;
- b) Identificar os possíveis impactos ambientais causados pela utilização de resíduos classe 1;
- c) Identificar se existem alterações no processo produtivo através da utilização resíduos classe 1.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta primeira etapa de construção teórica da pesquisa, fundamentou-se em estudar o processo produtivo do cimento, a definição de resíduos, utilização de resíduos classe 1 na fabricação do cimento e a legislação ambiental na indústria cimenteira.

4.1. Cimento

O termo “cimento” é usado para indicar todo o material que possui propriedades adesivas, colantes ou ligantes. Desde os povos egípcios (3.000 AC), procurava-se um material aglutinante que resistisse à umidade e, portanto, com alta durabilidade.

Conforme relata o Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (2013), a palavra CIMENTO é originada do latim CAEMENTU, que na antiga Roma designava uma espécie de pedra natural de rochedos não esquadrejada (quebrada). O produto é o componente básico do concreto, que é hoje o segundo material mais utilizado pelo homem, ficando somente atrás do elemento água. A história da sua evolução começa antes do século XVIII, mas se concretiza em meados de 1780, quando cientistas e pesquisadores europeus se empenharam em descobrir a fórmula perfeita para se obter o ainda pouco desenvolvido cimento hidráulico. A necessidade de se encontrar ligantes que pudessem servir de matéria-prima para argamassas de revestimento externo fez com que, no período entre 1780 e 1829, o cimento obtivesse algumas fórmulas e denominações diferentes como, “cimento romano” e “cimento britânico”. Foi em meados de 1830 que o inglês Joseph Aspdin patenteou o processo de fabricação de um ligante que resultava da mistura, calcinada em proporções certas e definidas, de calcário e argila, conhecida mundialmente até hoje. O resultado foi um pó que, por apresentar cor e características semelhantes a uma pedra abundante na Ilha de Portland na Inglaterra, foi denominado “cimento portland”. A partir deste momento, seu uso e sua comercialização cresceram de forma gradativa em todo o mundo.

4.2 Processo de fabricação de Cimento

O processo de fabricação de cimento é um sistema contínuo que se divide nas seguintes fases:

- a) Britagem;
- b) Moagem de Cru;
- c) Homogeneização – clínquerização;
- d) Moagem de Cimento;
- e) Ensacadeira.

Figura 1 - Processo produtivo do cimento.



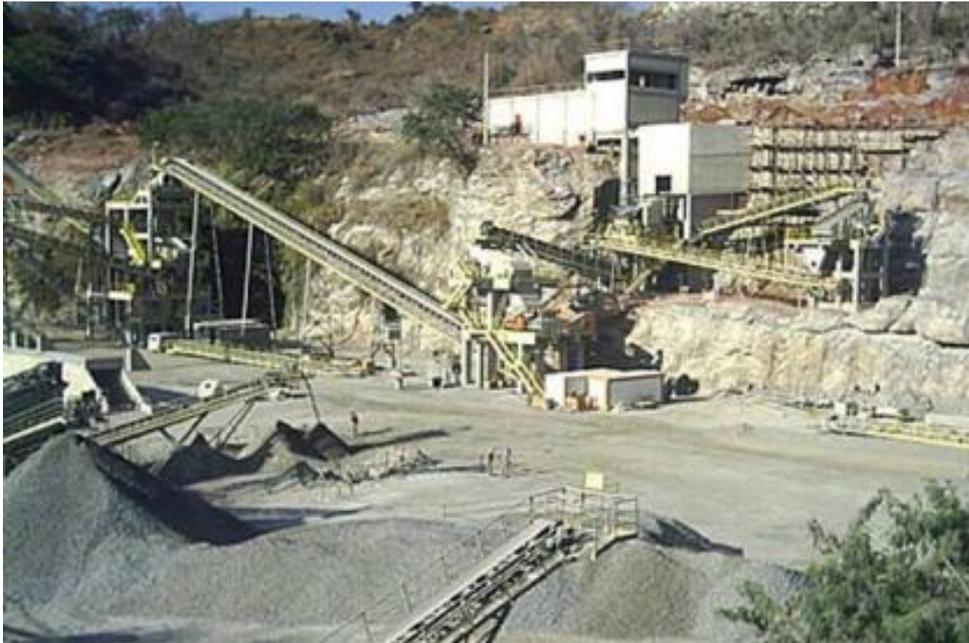
Fonte: Programa Portas-Abertas CIMPOR Brasil (2011).

4.2.1 Britagem

A Britagem é a operação unitária responsável pelo processo de cisalhamento e fragmentação do mineral, ou seja, é a operação responsável pela redução e adequação da granulometria do minério preparando-o para a fase seguinte. Dependendo da granulometria original do minério (calcário), o processo de britagem pode ser efetuado em um, dois ou três estágios, recebendo em cada estágio a denominação de britagem primária secundária e terciária respectivamente. Em função das características físico-químicas e estrutura mineralógica dos minerais que compõem a rocha calcária (teor de umidade, dureza,

abrasividade, forma preferencial de fragmentação e clivagem), deve-se associar a estas propriedades, equipamentos com características tecnológicas apropriadas para cada caso, pois, o processo de redução do tamanho dos materiais se realiza seguindo a quatro princípios básicos: Impacto, compressão, cisalhamento e atrito.

Figura 2 - Britador.



Fonte: Grupo CMP.

4.2.2 Moinho de Cru

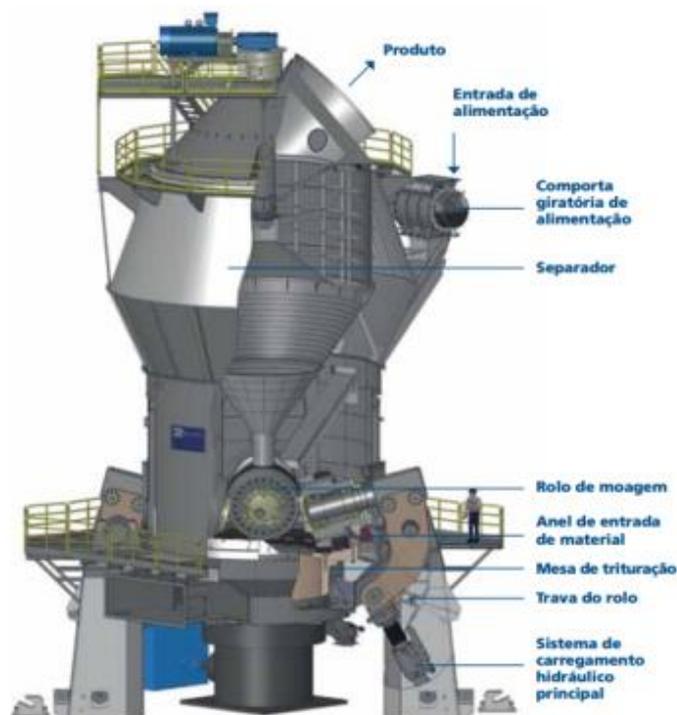
O propósito da moagem de cru é de preparar uma mistura homogênea, isto é, com composição química e granulometria uniforme a fim de assegurar a máxima combinação das reações no processo de calcinação e clínquerização. Por esse motivo, a moagem de cru é considerada uma das fases mais importantes do processo de fabricação de cimento portland, pois, é nessa fase que ocorre o início da mistura íntima das matérias-primas e, ao mesmo tempo, a secagem, pré-moagem, moagem e ajuste final da composição físico-química dos materiais crus alimentados no moinho. Trata-se, portanto, de um conjunto de operações e controles destinados a transformar os materiais crus em uma mistura finamente moída, quimicamente e fisicamente homogênea denominada farinha.

Para escolher ou definir um sistema de moagem adequadamente apropriado que satisfaça plenamente o processo de secagem e moagem das matérias-primas, muitos fatores devem ser levados em consideração, tais como: granulometria máxima de alimentação, distribuição e espectro granulométrico do material de alimentação, teor de umidade e características mineralógicas dos materiais, tais como, dureza, moabilidade, abrasividade teor de sílica livre entre outras, pois, estas propriedades são peculiares à natureza ou formação geológica de cada rocha ou mineral e, portanto, podem variar de região para região.

4.2.2.1. Moinho vertical de rolos

Segundo a FLS Smidth (2013), fabricante de moinhos de rolos, estes equipamentos são constituídos basicamente por uma câmara de moagem, dotada com dois a quatro rolos que se movem segundo uma trajetória circular proporcionada pela ação da rotação imprimida a mesa ou pista de moagem disposta horizontalmente abaixo dos rolos.

Figura 3 - Moinho de Rolos.



Fonte: FLS Smidth.

Os moinhos verticais advêm de longa data, desde 1920, e mesmo após o advento dos moinhos tubulares de bolas, os mesmos continuaram sendo muito utilizados na indústria cimenteira, principalmente para a moagem de carvão mineral e em menor escala para a moagem de materiais crus e cimento. Nas duas últimas décadas, entretanto, em virtude do crescente aprimoramento técnico que os mesmos sofreram, aliado a outros fatores, tais como, o aumento da capacidade produtiva e o menor consumo específico de energia elétrica em relação aos moinhos tubulares de bolas, os mesmos vem sendo largamente empregados na indústria cimenteira para moagem de cru e cimento em substituição aos moinhos tubulares de bola.

4.2.3. Clinquerização

Farenzena (1999), define clínquer como o nome dado ao produto proveniente da reação de clinquerização que ocorre a aproximadamente 1500°C através da fusão de calcário, argila e corretivos (minério de ferro, bauxita, areia, dentre outros).

A farinha, saída dos silos de homogeneização, entra num permutador de calor (torre de ciclones) em contracorrente com os gases quentes provenientes do forno, iniciando-se o processo de descarbonatação. Em seguida, no forno cilíndrico rotativo (tubo ligeiramente inclinado para facilitar o deslizamento da farinha no seu interior), onde a temperatura atinge valores superiores a 1500°C, ocorre à cozedura (clínquerização) da farinha, dando origem ao clínquer. Este é então arrefecido bruscamente para estabilização da sua estrutura e recuperação parcial da energia térmica. Tendo em conta o seu modo de formação, o clínquer é, portanto, uma rocha ígnea artificial e o principal constituinte do cimento. Os gases quentes que saem da torre de ciclones são despoeirados antes de serem reenviados à atmosfera.

Figura 4: Clinquer



Fonte: Programa Portas-Abertas CIMPOR Brasil (2011).

A fabricação do cimento faz o uso oneroso de energia térmica com a utilização de combustíveis fósseis no forno rotativo onde ocorre a calcinação do calcário.

Karstensen (2010), os principais combustíveis fósseis utilizadas na indústria de cimento são o carvão, coque de petróleo, óleo combustível e em menor quantidade o gás natural.

Figura 5 - Forno – vista interna.



Fonte: Programa Portas-Abertas CIMPOR Brasil (2011).

Conforme a Cimpor (2012), um tratamento térmico adequado transforma a farinha derivada da moagem do calcário num produto intermédio - o clínquer - no qual já é possível encontrar os constituintes mineralógicos do cimento.

Figura 6 - Forno rotativo de Clínquer.



Fonte: Montcalm.

4.2.3.1 Sistemas de alimentação de combustíveis

Farenzena (1999) cita como combustíveis utilizados no processo de clínquerização:

- a) Coque de petróleo: O coque passa por um moinho e no interior do mesmo recebe uma corrente de ar quente, advinda do sistema de resfriamento de clínquer. Esta corrente de ar quente arrasta o coque moído para o interior de um filtro de mangas, onde ocorre a separação da corrente sólida gasosa. O material sólido retido nas mangas do filtro é enviado ao silo de coque moído e a corrente de ar quente é enviada para atmosfera, já que passou pelo filtro de mangas, o qual exerce também a função de equipamento de controle de poluição atmosférica do sistema.
- b) Casca de arroz: O sistema de alimentação de casca de arroz consiste no enchimento de moegas através de máquinas, transporte por correias, elevador de canecas e balança para queima na zona de combustão secundária.

- c) Pneu picado: A alimentação de pneus picados ocorre via correias transportadoras para queima na zona de combustão secundária, sendo que os finos de borracha são alimentados no queimador primário.
- d) Óleo combustível: O sistema de alimentação de óleo combustível consiste num tanque de armazenamento, no qual se misturam partes iguais de óleo BPF 1A. Esta mistura é bombeada até as zonas de combustão primária e secundária do forno de clinquerização.
- e) Este procedimento é utilizado somente em ocasiões de partidas do forno de clinquerização depois de paradas do mesmo. Após seu aquecimento é cortada a alimentação desta mistura, passando a ser utilizado coque, casca de arroz e pneus picados.

4.2.4 Moinho de Cimento

Conforme Karstensen (2010), o cimento Portland é produzido pela moagem conjunta de clínquer de cimento com uma pequena porcentagem de gesso natural ou industrial, num moinho de cimento.

Adições minerais no cimento composto podem ser integradas na moagem do clínquer ou moídas separadamente e misturadas com o cimento. A moagem pode estar localizada distante da fábrica de produção de clínquer.

Figura 7 - Moinho de Cimento.



Fonte: Grupo Metso.

4.2.5 Ensacadeira

O cimento pode ser enviado a granel ou embalado em saco ou pallets para expedição; Os métodos de transporte utilizados (rodoviário, ferroviário ou fluvial) dependem de condições e exigências locais.

Figura 8 - Ensacadeira



Fonte: Haver Brasil.

4.3. Resíduos

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), classifica através da norma NBR10004 os resíduos como resíduos nos estados sólido e semi-sólido, provenientes de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ainda incluem-se resíduos de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

De acordo com a ABNT (2013), Resíduos Sólidos Industriais são aqueles resíduos resultantes de atividades industriais, inclusive aqueles em estado líquido, que por suas características não possam ser lançados na rede de esgotos e/ou corpos de águas, incluindo os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água e/ou de sistemas de controle de poluição.

Os Resíduos Sólidos Industriais (RSI) devem sofrer um efetivo controle. Tal controle pressupõe identificação e caracterização dos resíduos, estudos e ações coordenadas dentro de um Sistema de Gerenciamento e Controle de Resíduos.

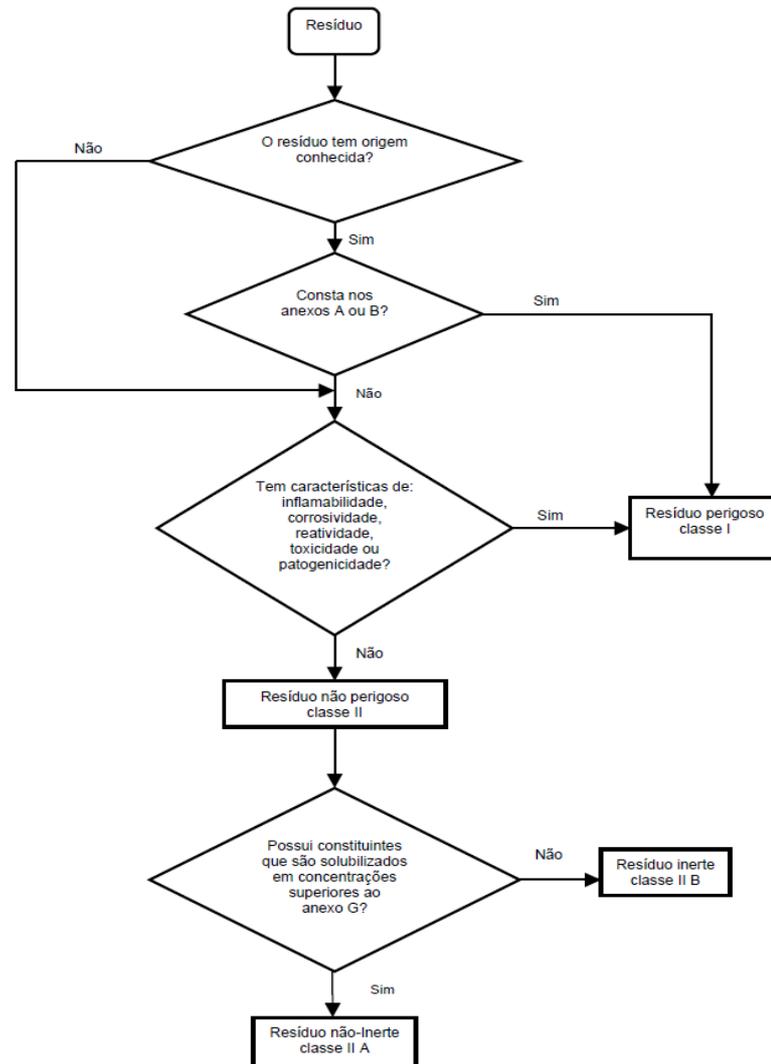
Um Sistema de Gerenciamento de RSI caracteriza-se por uma série de atividades/providências, que implementadas viabilizam o controle eficaz dos resíduos. Dentre estas, é necessária a identificação dos agentes geradores de RSI, incluindo a caracterização (qualitativa, quantitativa e quanto a periculosidade) dos resíduos, que em função das propriedades físico-químicas e/ou periculosidade de seus constituintes, são classificados em 3 classes pela ABNT.

A NBR10004 classifica os resíduos em:

- a) resíduos classe I - Perigosos;
- b) resíduos classe II – Não perigosos;
 - resíduos classe II A – Não inertes.
 - resíduos classe II B – Inertes.

Na figura 9, o fluxograma de classificação dos resíduos.

Figura 9 - Classificação do Resíduo.



Fonte: ABNT NBR10004.

4.3.1 Resíduos classe I – Perigosos

É considerado resíduo de classe 1, o resíduo que apresenta algum dos seguintes itens:

4.3.1.1 Inflamabilidade

Um resíduo sólido é caracterizado como inflamável (código de identificação D001), se uma amostra representativa dele, obtida conforme a ABNT NBR 10007, apresentar qualquer uma das seguintes propriedades:

- a) ser líquida e ter ponto de fulgor inferior a 60°C, excetuando-se as soluções aquosas com menos de 24% de álcool em volume;
- b) não ser líquida e ser capaz de, sob condições de temperatura e pressão de 25°C e 0,1 MPa (1 atm), produzir fogo por fricção, absorção de umidade ou por alterações químicas espontâneas e, quando inflamada, queimar vigorosa e persistentemente, dificultando a extinção do fogo;
- c) ser um oxidante definido como substância que pode liberar oxigênio e, como resultado, estimular a combustão e aumentar a intensidade do fogo em outro material;
- d) ser um gás comprimido inflamável, conforme a Legislação Federal sobre transporte de produtos perigosos.

4.3.1.2 Corrosividade

Um resíduo é caracterizado como corrosivo (código de identificação D002) se uma amostra representativa dele, apresentar uma das seguintes propriedades:

- a) ser aquosa e apresentar pH inferior ou igual a 2, ou, superior ou igual a 12,5, ou sua mistura com água, na proporção de 1:1 em peso, produzir uma solução que apresente pH inferior a 2 ou superior ou igual a 12,5;
- b) ser líquida ou, quando misturada em peso equivalente de água, produzir um líquido e corroer o aço a uma razão maior que 6,35 mm ao ano, a uma temperatura de 55°C.

4.3.1.3 Reatividade

Um resíduo é caracterizado como reativo (código de identificação D003) se uma amostra representativa dele, apresentar uma das seguintes propriedades:

- a) ser normalmente instável e reagir de forma violenta e imediata, sem detonar;
- b) reagir violentamente com a água;
- c) formar misturas potencialmente explosivas com a água;
- d) gerar gases, vapores e fumos tóxicos em quantidades suficientes para provocar danos à saúde pública ou ao meio ambiente, quando misturados com a água;
- e) possuir em sua constituição os íons CNou S2- em concentrações que ultrapassem os limites de 250 mg de HCN liberável por quilograma de resíduo ou 500 mg de H2S liberável por quilograma de resíduo.

- f) ser capaz de produzir reação explosiva ou detonante sob a ação de forte estímulo, ação catalítica ou temperatura em ambientes confinados;
- g) ser capaz de produzir, prontamente, reação ou decomposição detonante ou explosiva a 25°C e 0,1 MPa (1 atm);
- h) ser explosivo, definido como uma substância fabricada para produzir um resultado prático, através de explosão ou efeito pirotécnico, esteja ou não esta substância contida em dispositivo preparado para este fim.

4.3.1.4 Toxicidade

Um resíduo é caracterizado como tóxico se uma amostra representativa dele, apresentar uma das seguintes propriedades:

- a) quando o extrato obtido desta amostra contiver qualquer um dos contaminantes em concentrações superiores aos valores constantes no anexo da norma. Neste caso, o resíduo deve ser caracterizado como tóxico com base no ensaio de lixiviação, com código de identificação constante no anexo F;
- b) possuir uma ou mais substâncias constantes no anexo C e apresentar toxicidade. Para avaliação dessa toxicidade, devem ser considerados os seguintes fatores:
 - natureza da toxicidade apresentada pelo resíduo;
 - concentração do constituinte no resíduo;
 - potencial que o constituinte, ou qualquer produto tóxico de sua degradação, tem para migrar do resíduo para o ambiente, sob condições impróprias de manuseio;
 - persistência do constituinte ou qualquer produto tóxico de sua degradação;
 - potencial que o constituinte, ou qualquer produto tóxico de sua degradação, tem para degradar-se em constituintes não perigosos, considerando a velocidade em que ocorre a degradação;
 - extensão em que o constituinte, ou qualquer produto tóxico de sua degradação, é capaz de bioacumulação nos ecossistemas;
 - efeito nocivo pela presença de agente teratogênico, mutagênico, carcinogênico ou ecotóxico, associados a substâncias isoladamente ou decorrente do sinergismo entre as substâncias constituintes do resíduo;
- c) ser constituída por restos de embalagens contaminadas com substâncias constantes nos anexos D ou E;

- d) resultar de derramamentos ou de produtos fora de especificação ou do prazo de validade que contenham quaisquer substâncias constantes nos anexos D ou E;
 - e) ser comprovadamente letal ao homem;
 - f) possuir substância em concentração comprovadamente letal ao homem ou estudos do resíduo que demonstrem uma DL50 oral para ratos menor que 50 mg/kg ou CL50 inalação para ratos menor que 2 mg/L ou uma DL50 dérmica para coelhos menor que 200 mg/kg.
- Os códigos destes resíduos são os identificados pelas letras P, U e D, e encontram-se nos anexos D, E e F.

4.2.1.5 Patogenicidade

Um resíduo é caracterizado como patogênico (código de identificação D004) se uma amostra representativa dele contiver ou se houver suspeita de conter, microorganismos patogênicos, proteínas virais, Ácido Desoxiribonucléico (ADN) ou Ácido Ribonucléico (ARN) recombinantes, organismos geneticamente modificados, plasmídios, cloroplastos, mitocôndrias ou toxinas capazes de produzir doenças em homens, animais ou vegetais.

4.3.2 Utilização de resíduos na indústria

A Holcim, fabricante de cimento, 2013, cita o uso materiais pré-selecionados – com alto poder calorífico – e outros resíduos industriais como combustíveis alternativos e matérias-primas para serem coprocessados nos fornos das cimenteiras. Isso acontece na fase do processo em que o calcário e a argila dão origem ao clínquer, material que, misturado com escória, calcário e gesso, será transformado em cimento.

As vantagens ambientais dessa técnica são inúmeras. Incluem o reaproveitamento e eliminação total dos resíduos industriais, a uma temperatura de cerca de 1.500 °C, com a respectiva redução de uso de recursos não-renováveis, usados na fabricação de cimento. A segurança é absoluta e não são gerados efluentes líquidos ou sólidos durante a queima.

As cinzas que seriam geradas e posteriormente aterradas em um processo convencional de incineração, no coprocessamento são totalmente incorporadas ao clínquer sem alterar suas propriedades. Cada lote de resíduos é rigorosamente analisado antes de ir para o forno.

Entre os muitos materiais que podem ser coprocessados estão borras oleosas, graxas, serragens, plásticos, pneus, papéis e embalagens. Vão para os fornos apenas aqueles que não têm condições de ser reciclados. Não são usados resíduos hospitalares, materiais radiativos, pilhas, baterias, pesticidas, lixo doméstico não-classificado, entre outros.

4.3.3. Utilização de resíduos classe 1 na indústria cimenteira

Atualmente um dos principais caminhos para a sustentabilidade da indústria de cimento é economizar tanto quanto possível os combustíveis fósseis não renováveis e matérias primas e substituí-los por resíduos e materiais secundários.

Segundo Karstensen (2010), devido à quantidade elevada de matéria prima existente no interior do forno, este tem uma inércia térmica superior ao de muitas outras instalações industriais a alta temperatura. Nos fornos de cimento as variações de temperatura são lentas e mais facilmente controláveis. Esta característica é vantajosa quando se queimam substâncias com composição e com poder calorífico variável como são os resíduos industriais.

4.3.4. Legislação Ambiental

A legislação ambiental brasileira é regulamentada pelo Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), o qual é constituído pelos órgãos e entidades da União, dos Estados, Distrito Federal, dos Municípios e pelas Fundações instituídas pelo Poder Público, responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental.

Conforme a Lei número 6938/81, o SISNAMA possui a seguinte estrutura organizacional:

- a) Órgão Superior: Conselho de Governo, com função de assessorar o Presidente da República na formulação política nacional e diretrizes para o meio ambiente e recursos naturais;
- b) Órgão Consultivo e Deliberativo: Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) para assessorar, estudar e propor diretrizes ao Conselho de Governo. Cabe ao CONAMA, no âmbito de sua competência, deliberar sobre normas e padrões ambientais;

- c) Órgão Central: Ministério do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, com a finalidade de planejar, coordenar, supervisionar e controlar a política nacional e diretrizes para o meio ambiente;
- d) Órgão Executor: Instituto Nacional do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), com a finalidade de executar e fazer executar a política nacional e diretrizes para o meio ambiente;
- e) Órgãos Setoriais: Órgãos ou entidades integrantes da administração federal direta ou indireta, cuja atividades estejam associadas a proteção ambiental ou disciplinamento do uso dos recursos naturais;
- f) Órgãos Seccionais: Órgãos ou entidades estaduais responsáveis pela execução de programas, projetos e fiscalização das atividades capazes de provocar degradação ambiental;
- g) Órgãos Locais: Órgãos ou entidades municipais, responsáveis pelo controle e fiscalização das atividades similares dos órgãos seccionais, porém nas suas respectivas jurisdições.

O CONAMA número 237/97 define a licença ambiental como ato administrativo pelo qual o órgão competente, estabelece as condições, restrições e medidas de controle ambiental que deverão ser obedecidas pelo empreendedor, pessoa física ou jurídica, para localizar, instalar, ampliar e operar empreendimentos ou atividades utilizadoras dos recursos ambientais consideradas efetivas ou potencialmente poluidoras.

Para Dias (2011), para a obtenção da licença ambiental dependerá do estudo prévio de Impacto Ambiental e o respectivo Relatório de Impacto sobre o Meio Ambiente (RIMA). O licenciamento ambiental está previsto nos vários níveis de competência pública (municipal, estadual e federal) em função da abrangência do impacto ambiental. Assim dependerá do porte ou do impacto produzido pelo empreendimento ou atividade o âmbito em que será emitido o licenciamento.

A CONAMA, através da resolução número 237 define como licenciamento ambiental o procedimento no qual o poder público, representado por órgãos ambientais, autoriza e acompanha a implantação e a operação de atividades, que utilizam recursos naturais ou que sejam consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras. É obrigação do empreendedor, prevista em lei, buscar o licenciamento ambiental junto ao órgão competente, desde as etapas iniciais de seu planejamento e instalação até a sua efetiva operação.

São emitidas três tipos de licença ambiental pelos órgãos ambientais:

- a) Licença Prévia (LP): É concedida na fase preliminar do planejamento de um empreendimento ou atividade, aprovando a sua localização e concepção, atestando a sua viabilidade ambiental

e estabelecendo requisitos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação;

- b) Licença de Instalação (LI): Autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes nos planos, programas e projetos aprovados;
- c) Licença de Operação (LO): Autoriza a operação da atividade ou empreendimento após a verificação do cumprimento do que constam nas licenças anteriores, e das medidas de controle ambiental e condicionantes determinadas para a operação.

4.3.5. Legislação ambiental na indústria cimenteira

A resolução CONAMA número 237, cita que indústrias de fabricação e elaboração de produtos minerais não metálicos tais como: produção de material cerâmico, cimento, gesso, amianto e vidro, entre outros estão sujeitas ao licenciamento ambiental.

A Licença Operacional da empresa estudada tem as seguintes condições restrições.

- a) A capacidade produtiva mensal da empresa é de 12.000 m³ de concreto;
- b) Quanto aos efluentes líquidos: os efluentes líquidos industriais deverão ser totalmente reutilizados no processo de fabricação de concreto, sendo que a empresa não poderá lançar efluentes líquidos industriais em corpos hídricos sem o prévio licenciamento da FEPAM;
- c) Quanto às emissões atmosféricas:
 - a. Os equipamentos e operações passíveis de provocarem emissões de material particulado deverão ser providos de sistema de ventilação local exaustora e equipamento de controle eficiente, de modo a evitar emissões visíveis para a atmosfera;
 - b. As atividades desenvolvidas pela empresa deverão ser conduzidas de modo a não haver emissão de substâncias odoríferas na atmosfera em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites de sua propriedade;
 - c. A padrão de emissão para material particulado é de 70 mg/Nm³ em base seca e nas condições normais, por equipamento;
 - d. A empresa deverá manter os equipamentos de controle de emissões atmosféricas, operando adequadamente para garantir sua eficiência de maneira a evitar danos ao meio ambiente e incômodo à população;
- d) Quanto aos resíduos sólidos industriais:

- a. As lâmpadas fluorescentes usadas deverão ser armazenadas íntegras, embaladas individualmente, em papel ou papelão de origem e acondicionadas de forma segura para posterior transporte a empresas que realizem sua descontaminação;
- b. A empresa deverá verificar o licenciamento ambiental das empresas para as quais seus resíduos são encaminhados e atentar para o seu cumprimento, pois, conforme o Artigo 9º do Decreto Estadual n.º 38.356 de 01/04/98, a responsabilidade pela destinação adequada dos mesmos é da fonte geradora, independente da contratação de serviços de terceiros;
- c. Os resíduos sólidos gerados deverão ser segregados, identificados, classificados e acondicionados para armazenagem temporária na área objeto deste licenciamento, observando a NBR 12.235 e a NBR 11.174, da ABNT, em conformidade com o tipo de resíduo, até posterior destinação final dos mesmos;
- d. As lâmpadas fluorescentes usadas deverão ser armazenadas íntegras, embaladas individualmente, em papel ou papelão de origem e acondicionadas de forma segura para posterior transporte a empresas que realizem sua descontaminação;
- e. A empresa deverá preencher e enviar à FEPAM, trimestralmente, nos meses de janeiro, abril, julho e outubro, via digital, a "Planilha de Destino de Resíduos Sólidos" para a totalidade dos resíduos sólidos.
- f. A empresa deverá manter à disposição da fiscalização da FEPAM, comprovante de venda de todos os resíduos sólidos que forem vendidos e comprovante de recebimento por terceiros de todos os resíduos que forem doados com as respectivas quantidades, por um período mínimo de 02 (dois) anos;
- g. O transporte do resíduo deverá ser realizado em conformidade com a Norma NBR 13221 - Transporte de Resíduos Perigosos da ABNT e de acordo com a Resolução 420/2004 – ANTT. Regulamento de Transporte de Produtos Perigosos;
- h. A empresa deverá manter atualizada a ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) do responsável técnico pelas atividades industriais desenvolvidas;

A empresa deverá manter atualizado o Alvará de Proteção Contra Incêndio, expedido pelo Corpo de Bombeiros Municipal.

4.3.6. Legislação ambiental de resíduos classe 1

A Fundação Estadual de Proteção do Ambiente (FEPAM), através da Diretriz Técnica Nº. 001/2010 determina que a empresa geradora de resíduo deverá solicitar uma autorização a entidade para a atividade de “incorporação de resíduo sólidos industrial como matéria prima” em escala de bancada.

Para isso deve executar quatro etapas para o licenciamento:

- a) Etapa 01: Unidade Geradora do resíduo estuda e desenvolve junto a uma Unidade de Pesquisa, a viabilidade da proposta, através de estudos e ensaios preliminares de bancada;
- b) Etapa 02: Unidade Geradora do resíduo identifica a Unidade de Destino que irá efetivar os testes, em escala industrial, observando os resultados dos estudos de bancada;
- c) Etapa 03: Unidade Geradora solicita autorização à FEPAM para a realização do teste em escala industrial, a ser efetivado na Unidade de Destino do resíduo;
- d) Etapa 04: Unidade de Destino do resíduo solicita o Licenciamento Ambiental da atividade de incorporação do resíduo, junto ao seu processo industrial.

4.3.7. Impactos ambientais

Impacto ambiental é definido por Fogliatti (2009) como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e/ou biológicas do meio ambiente, provocada direta ou indiretamente por atividades humanas podendo afetar a saúde, a segurança e qualidade dos recursos naturais.

Dias (2009) define o impacto ambiental como a modificação do meio ambiente causada pela ação do homem. Existem impactos de todos os tipos, desde os menores que não modificam substancialmente o meio ambiente natural, até aqueles que não só afeta profundamente a natureza, como também provocam diretamente problemas ao ser humano, como a poluição do ar, águas e do solo.

Segundo o relatório de sustentabilidade da Eletrobrás de 2011, é habitual que atividades consideradas potencialmente causadoras de degradação ambiental provoquem alguns efeitos ao meio ambiente, denominadas externalidades. Em geral as externalidades são vistas como adversidades e consideradas maléficas. O senso comum e o imaginário coletivo relacionam a palavra “impacto” a algo que irá produzir efeitos indesejados, com resultados

negativos ao meio ou a coletividade, tais como: alterações ambientais; conflitos de uso do solo; depreciação de imóveis circunvizinhos; geração de áreas degradadas e transtornos ao cotidiano das comunidades atingidas.

No entanto, em diversos estudos de caso percebeu-se que os efeitos causados por determinados empreendimentos podem ter aspectos significativamente positivos, como: geração de emprego e renda; implantação de infraestrutura; melhoria na qualidade de vida; equacionamento de desequilíbrios ambientais; entre outros.

Valle (2002) defende o mapeamento dos impactos ambientais que afetam o meio ambiente em uma determinada área de influência como o primeiro passo para o equacionamento e a solução dos problemas ambientais que a afligem.

Conforme Resolução CONAMA n.º 01/86, impacto ambiental é definido como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente, os quais afetam:

- a) A saúde, a segurança e o bem estar da população;
- b) As atividades sociais e econômicas;
- c) A biota;
- d) As condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- e) A qualidade dos recursos ambientais.

A Avaliação de Impacto Ambiental pode ser considerada como uma componente integrada no desenvolvimento de projeto e como parte do processo de decisão.

Fogliatti (2009) caracteriza o impacto ambiental quanto ao seu valor, ao espaço de sua ocorrência, ao seu tempo de ocorrência, à sua reversibilidade, à sua chance de ocorrência e quanto à sua incidência. Onde:

- a) Valor: O impacto tem definido o valor quando ele produz um resultado benéfico ou maléfico para um fator ambiental.
- b) Espaço: Pode ser definido como espaço local, quando o projeto afeta apenas a área em que a atividade ocorre. É regional quando se tem influência entorno da área de ação. Ele é estratégico quando expande para fora da área de influência.
- c) Tempo: Podemos classifica-lo de acordo com aspectos temporais. O impacto pode ter ações imediatas, de médio ou longo prazo, permanente ou cíclico.
- d) Reversibilidade: A execução da atividade podem causar danos reversíveis ou irreversíveis.

- e) Chance de ocorrência: Ele é determinístico quando temos a certeza da ocorrência do mesmo e probabilístico quando não possuímos certeza do real acontecimento do impacto.
- f) Incidência: É direto quando fica limitado na zona de influência do sistema. Porém, quando através de agentes externos é estendido para fora da zona de influência, classificamos como indireto.

Para Valle (2002), os resíduos são uma expressão visível, talvez mais palpável, dos aspectos ambientais.

Na maior parte dos países os resíduos urbanos, hospitalares, industriais ou outros, foram se acumulando durante anos, sem serem devidamente tratados e causando significativos impactos no ambiente e na saúde pública, entre outros efeitos por contaminação de solos e aquíferos superficiais e subterrâneos, por emissões diversas, aparecimento de vetores e criação de condições insalubres às populações vizinhas.

No entanto, a resolução da questão dos resíduos - embora bem mais avançada em outros países - também não tem sido fácil nem isenta de grande controvérsia, fazendo parte dessa controvérsia à incineração de resíduos.

O tal fato não será alheio um conjunto de fatores:

- a) Soluções técnicas incorretamente projetadas ou dimensionadas, em incineradores de resíduos urbanos, hospitalares e industriais;
- b) Soluções técnicas incorretamente operadas criando incômodos, riscos ou danos às populações por criação de concentrações elevadas de poluentes perigosos em diversos casos de incineradores de resíduos urbanos e hospitalares;
- c) Insuficientes garantias de que uma vez instalados, os sistemas de incineração sejam corretamente operados;
- d) Insuficiente esclarecimento do público e dos órgãos de decisão sobre os diferentes sistemas de incineração ou sobre os diferentes tipos de resíduos, confundindo-se por vezes incineradores de resíduos hospitalares com incineradores de resíduos urbanos, ou com co-incineração em fornos de cimento de resíduos industriais perigosos e não perigosos;
- e) Insuficientes garantias de realização em número, intensidade, qualidade e credibilidade, de monitoramento sobre os efluentes produzidos e o ecossistema envolvente.

4.3.8. Principais impactos ambientais na indústria cimenteira

Karstensen (2010) relaciona como principais e mais significativos impactos ambientais da produção do cimento às seguintes categorias:

- a) Emissões de material particulado: As emissões de material particulado, mais precisamente na chaminé do forno, é um aspecto ambiental de grande monitoração da indústria de cimento. A emissão de particulado tem origem principalmente do moinho de cru, forno e nos moinhos de cimento. As emissões de particulado na chaminé são reduzidas consideravelmente através da utilização de filtros eletroestáticos e filtros de mangas. Os materiais particulados de fontes dispersas da área da planta originam-se principalmente de armazenamento e manuseio de materiais;
- b) Emissão atmosféricas de gases nocivos: Emissões gasosas do sistema de queima liberadas para a atmosfera são uma das maiores preocupações ambientais na fabricação do cimento. A formação de gases como óxidos de nitrogênio e enxofre é uma inevitável consequência do processo de combustão a altas temperaturas. Existe também a emissão de dióxido de carbono, o CO₂, um dos principais causadores do efeito estufa;
- c) Outros tipos de emissões como ruído e vibrações: A utilização de grandes máquinas e motores de alta potência dão a origem a emissões de ruídos e vibrações;
- d) Consumo de recursos naturais: O processo de fabricação de cimento exige grandes quantidades de recursos naturais como matérias-primas, combustíveis térmicos e energia elétrica.

4.3.9. Avaliação dos impactos ambientais

A análise dos impactos ambientais tem por objetivo identificar as causas e consequências decorrentes do empreendimento que se pretende instalar sobre os diversos componentes do ambiente no qual o mesmo será inserido, considerando as fases de implantação e sua operação propriamente dita. Esta análise permite definir de forma eficiente medidas preventivas, mitigadoras ou compensatórias aos impactos identificados, bem como a definição de programas de acompanhamento que sejam necessários, em função dos impactos levantados.

Os diferentes procedimentos metodológicos desenvolvidos buscam coletar, analisar e comparar as informações acerca das externalidades ambientais causadas por determinada

proposta. Como não existe, ainda, uma padronização dos métodos de avaliação de impactos ambientais, a qualidade do estudo está diretamente relacionada ao método adotado pelo analista, podendo apresentar um alto grau de subjetividade, e até mesmo acarretar análises equivocadas dos resultados (Relatório de Sustentabilidade Eletrobrás, 2011).

O planejamento de um estudo ambiental deve estabelecer no início do processo a área de estudo, ou seja, a delimitação do local que será objeto dos levantamentos sejam eles primários ou secundários. Os impactos de um empreendimento nunca ficam restritos à sua própria área de implantação, por isso a área de estudo pode ser significativamente maior que a área diretamente afetada. A delimitação das áreas de influência para cada meio considerado está intrinsecamente ligada aos impactos ambientais e sua abrangência. A área de estudo irá variar com o tipo de levantamento e o descritor do meio.

Seu núcleo principal é o que chama-se de Área Diretamente Afetada (ADA), onde são realizados levantamentos primários. A faixa marginal a esta área, que pode ser atingida por impactos diretamente ligados ao empreendimento, é a Área de Influência Direta (AID), caracterizada por levantamentos primários e secundários. A Área de Influência Indireta (AII) abrange uma porção mais extensa que os limites do empreendimento e normalmente é caracterizada por levantamentos secundários, nela é possível indicar a participação do empreendimento nos impactos ambientais, mas não se pode precisar a sua exclusiva responsabilidade. Para a definição das áreas de influência, relativas ao empreendimento, são utilizadas os seguintes critérios:

- a) A Área Diretamente Afetada (ADA) é definida pelo projeto e contempla todas as suas instalações, provisórias ou permanentes;
- b) Cada aspecto do diagnóstico relativo aos descritores ambientais dos meios físico, biótico e antrópico define isoladamente a sua AID e AII;
- c) Considerando o conjunto de AID's e AII's definidos para cada meio, a AID mais ampla e a AII mais ampla são escolhidas para representar a área de influência do meio específico (físico, biótico e antrópico).

Conforme regulamentações da FEPAM, anteriormente ao início do Estudo de Impacto Ambiental, deverão ser definidas os limites das áreas geográficas a serem direta e indiretamente afetadas pelos impactos, denominadas áreas de influência do empreendimento. Essas áreas deverão ser estabelecidas pela equipe responsável pela execução do estudo, a partir dos dados preliminares colhidos e do conhecimento do problema.

- a) Áreas de influência direta – áreas sujeitas aos impactos diretos da implantação e operação do empreendimento. A delimitação deverá ser em função das características sociais, econômicas, físicas e biológicas dos sistemas a serem estudados e das particularidades do empreendimento. Na delimitação dessas áreas, deverá ser considerado, também, o local de captação da água;
- b) Áreas de influência indireta – constituem-se nas áreas real ou (potencialidade) potencialmente ameaçadas pelos impactos indiretos da implantação e operação do empreendimento, abrangendo os ecossistemas e o contexto sócio-econômico. Essas áreas podem se originar dos impactos de segunda ordem originados dos impactos diretos ou como consequência de ações desencadeadas pelo empreendimento.

Segundo Macedo (1991), a finalidade da avaliação ambiental é capacitar o homem, por intermédio de conhecimentos adquiridos e dominados, para a ação e proação sobre uma dada região, quaisquer que sejam as suas dimensões, conteúdo, dinâmica e localização. Segundo o autor esta ação permite a identificação de potencialidades de uso, de ocupação, de vulnerabilidades e de desempenhos futuros estimados da região analisada, a fim de possibilitar a otimização das decisões relacionadas a sua preservação, conservação e ecodesenvolvimento.

Entretanto, para Romero (1984), as práticas de transformação dos meios natural e construído têm ocorrido sem considerar impactos espaciais, repercutindo não apenas na degradação do ambiente, mas também no conforto e salubridade de suas populações antrópicas.

A avaliação de impacto ambiental para se tornar efetiva como instrumento da Política Nacional de Meio Ambiente, tem necessidade de estar inserida ao planejamento, para embasar o processo decisório das entidades públicas. O pressuposto básico da viabilidade de uma inserção adequada da dimensão ambiental no processo de planejamento é a existência de uma vontade política capaz de assumir a promoção efetiva de um processo de planejamento participativo.

Sintetizando as principais vantagens dos Fornos de Cimento:

- a) Altas temperaturas: os fornos de produção de cimento elevam a temperatura da matéria-prima até aos 1.450°C, com temperaturas na zona da chama superiores a 2.000°C, comparativamente com um incinerador onde as temperaturas se situam na ordem dos 1.100°C a 1.200°C, sendo por isso as taxas de destruição nesses fornos superiores às dos incineradores;

- b) Tempos de Residência Elevados: os tempos de residência dos gases de combustão num forno de cimento são em torno de 6 segundos, sendo o tempo de residência em temperaturas superiores a 1.200°C da ordem dos 3 segundos. Num incinerador os tempos de residência em temperaturas de 1.100°C são da ordem dos 2 segundos;
- c) Elevada Inércia Térmica: a enorme massa de material em processo no interior dos fornos e o comprimento dos fornos de cimento induzem uma enorme inércia térmica, que garante que as temperaturas dentro do forno não variem rapidamente em caso de pausa ou alteração das condições de alimentação de combustível ao forno, permitindo assim grande regularidade na eficácia de destruição dos resíduos;
- d) Ambiente Alcalino: os fornos de produção de cimento por utilizarem como matéria prima principal o calcário, evidenciam um ambiente alcalino natural, em que o forno comporta-se como um lavador natural que possibilita a neutralização dos componentes ácidos como o HCl, HF, SO₂. Assim, o processo de co-incineração em fornos de cimento dispensa o tratamento complementar dos gases e, em consequência, não há a produção de efluentes líquidos ou lodo;
- e) Fixação de Metais Pesados: o processo de “cozimento” da matéria-prima fixa no clínquer os metais pesados, em combinações extremamente estáveis. As taxas de captação de metais pesados variam de metal para metal mas são elevadas.
- f) Qualidade do Cimento Produzido: não há indicações de alteração de qualidade do cimento produzido, nem das condições de segurança das suas aplicações;
- g) Não Geram Resíduos Sólidos: os fornos de cimento incorporam as cinzas de combustão dos resíduos na estrutura do próprio cimento no processo de “cozimento” e formação do clínquer, não gerando resíduos sólidos devido ao processo, ao contrário de um incinerador que gera cinzas provenientes da combustão de resíduos perigosos que constituem por si um outro resíduo que terá de ir para aterro;
- h) Quantidades de Resíduos: um forno de cimento não depende dos resíduos para o seu funcionamento, pois utiliza como combustível básico o carvão e matérias-primas principais exploradas nas suas pedreiras, o que evidencia uma grande flexibilidade relativa aos resíduos produzidos num determinado momento. Assim, uma eventual redução da produção de resíduos não afetam o funcionamento do setor;
- i) Custo: o custo da instalação de um sistema de co-incineração é consideravelmente inferior ao da construção de um incinerador;
- j) Riscos e Segurança: pelas razões expostas; da maior temperatura dos fornos; permanente excesso de oxigênio para combustão; dos tempos de exposição dos resíduos a essas elevadas

temperaturas; da absorção pela massa de clínquer de muitos compostos; da grande inércia térmica dos Fornos e do ambiente alcalino, a incineração em fornos de cimento é muito segura. Por este fato deve ser contemplado nos Estudos de Impacto Ambiental um vasto conjunto de medidas de minimização/mitigação e recomendações, das quais destacam-se as seguintes, consideradas como principais;

- k) Intensificação das medidas de fiscalização sobre o estado de conservação exterior, por forma a assegurar uma detecção prévia de eventuais rupturas que possam conduzir a fugas acidentais de gases poluentes não tratados para a atmosfera;
- l) Deverão ser realizadas operações de verificação das condições globais dos reservatórios de armazenamento dos resíduos, bem como das bombas, tubulações e filtros integrados no sistema de transferência usado no âmbito da preparação do combustível;
- m) Para minimizar os principais impactos negativos resultantes de fugas e derrames acidentais de resíduos líquidos sobre os meios aquáticos, deverão ser corretamente projetadas, dimensionadas e implementadas todas as medidas que estão previstas ao nível do projeto para a recuperação dos efluentes produzidos e desviados do processo, permitindo a sua recolha e armazenamento para posterior valorização industrial. Na verdade, o projeto deve contemplar claramente construção de bacias de retenção para drenagem e transporte de todos os resíduos líquidos acidentalmente perdidos em cada um dos processos, assegurando o imediato armazenamento sob a categoria respectiva de resíduo com vista à incineração.

4.3.10 Medidas mitigadoras e compensatórias dos impactos ambientais

Medidas mitigadoras são as ações capazes de diminuir o impacto negativo, ou sua gravidade, não compensando danos. A medida de compensação é a possibilidade utilizada quando não é possível mitigar um impacto ambiental negativo decorrente da implementação de obra ou atividade.

Além das medidas mitigadoras (corretivas, preventivas ou potencializadoras), dependendo do tipo de impacto, também pode ser empregadas medidas compensatórias, abaixo definidas:

- a) Medida Compensatória: Consiste em uma medida que procura repor bens socioambientais perdidos em decorrência de ações diretas ou indiretas do empreendimento.
- b) Medida Mitigadora Preventiva: Consiste em uma medida que tem como objetivo minimizar ou eliminar eventos adversos que se apresentam com potencial para causar prejuízos aos itens

ambientais destacados nos meios físico, biótico e antrópico. Este tipo de medida procura anteceder a ocorrência do impacto negativo.

- c) Medida Mitigadora Corretiva: Consiste em uma medida que visa restabelecer a situação anterior à ocorrência de um evento adverso sobre o item ambiental destacado nos meios físico, biótico e antrópico, através de ações de controle ou da eliminação/controle do fato gerador do impacto.
- d) Medida Potencializadora: Consiste em uma medida que visa otimizar ou maximizar o efeito de um impacto positivo decorrente direta ou indiretamente da implantação do empreendimento.

As medidas mitigadoras, classificadas quanto ao seu caráter preventivo, corretivo ou potencializadoras propostas, correlacionando-as com os impactos ambientais potenciais identificados, com as ações do empreendimento geradoras do impacto considerado, com a fase do empreendimento e com o meio afetado, são apresentadas nos itens abaixo, destacando que a não previsão de medidas mitigadoras e/ou compensatórias é aplicada nos casos em que há ausência de impactos ou a ocorrência de impactos positivos.

5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

5.1 A amostra da pesquisa

O presente trabalho é um estudo de caso do uso de resíduos classe 1 de uma indústria da região da campanha. Desse modo, acompanhou-se a utilização e o destino dos resíduos provenientes do processo produtivo.

Segundo Miguel:

O estudo de caso é um estudo de natureza empírica que investiga um determinado fenômeno, geralmente contemporâneo, dentro de um contexto real de vida, quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto em que ele se insere não são claramente definidas (MIGUEL, 2007, p. 219).

Para este estudo de caso, foi realizada uma análise com bastante profundidade sobre o objeto de pesquisa, a fim de construir um detalhado e amplo conhecimento que venha a esclarecer o problema. Miguel, ao citar Yin (2001) ainda diz que todo o estudo de caso visa esclarecer os motivos pelas quais decisões são tomadas, como foram implementadas e quais os resultados alcançados.

O estudo desenvolveu-se em duas etapas:

- a) Coleta dos dados: consiste na busca e na descrição detalhada de informações referentes à utilização de resíduos classe 1 da empresa, provenientes não apenas de documentos oficiais, como de dados coletados por meio de técnicas de observação e entrevistas com os operadores que trabalham neste setor.

Esta etapa consiste na coleta de informações por meio de três técnicas:

- a. Análise documental: registros, documentos e demais informações referentes ao destino dos resíduos classe 1 na empresa
- b. Observação: além da coleta por meio de imagens fotográficas, pretende-se realizar registros no momento em que os eventos ocorrem. Todas estas informações serão armazenados em arquivos a fim de fornecer um conjunto de dados relevantes para a posterior análise.
- c. Entrevistas: estas servirão para complementar as duas etapas anteriores.

- b) Análise dos dados: após a coleta de todas as informações necessárias, esta etapa consiste no diagnóstico os impactos dos resíduos classe 1 na fábrica da região da campanha. Os impactos foram analisados conforme a legislação da FEPAM, a qual através da Resolução CONSEMA

número 02/2000 regulamenta os critérios, aspectos técnicos de licenciamento ambiental para o co-processamento de resíduos em fornos rotativos de produção de clínquer para a fabricação de cimento no Estado do Rio Grande do Sul. Assim, será construída uma narrativa reflexiva a partir do contato do pesquisador com todas as informações provenientes da coleta dos dados.

5.2 A pesquisa exploratória

Para Mattar (1997), a pesquisa exploratória visa prover o pesquisador de maior conhecimento sobre o tema ou problema de pesquisa em perspectiva. Segundo Malhotra (1996), a pesquisa exploratória possibilita a descoberta de novas ideias e “*insights*”, de forma flexível e versátil, permitindo ao pesquisador melhor entendimento sobre os aspectos envolvidos nos objetivos da pesquisa.

Destacam-se alguns propósitos apontados por Malhotra (1996) para a realização de uma pesquisa exploratória:

- a) Formular ou definir melhor um problema de pesquisa;
- b) Identificar direcionamentos alternativos de ação;
- c) Formular hipóteses;
- d) Identificar variáveis e relações para investigação futura;
- e) Obter “*insights*” para desenvolver a abordagem para o problema;
- f) Estabelecer prioridades para futuras pesquisas.

As pesquisas exploratórias, segundo Gil (1990), constituem a primeira etapa de uma investigação mais ampla. No caso deste estudo, a primeira fase tem como objetivo fazer, inicialmente, um levantamento sobre a atividade executada pelo funcionário.

Inicialmente, esta pesquisa consistiu-se no levantamento de dados secundários essenciais ao desenvolvimento da pesquisa. Tais dados referem-se à busca bibliográfica, em bibliotecas, na internet e em outros lugares que abarquem pesquisas anteriores e textos científicos que estejam relacionados ao tema e os objetivos propostos neste trabalho.

6 RESULTADOS OBTIDOS

O presente estudo foi realizado em uma unidade operacional localizada na cidade de Candiota, no estado do Rio Grande do Sul, pertencente ao grupo Intercement.

6.1 Intercement

A Intercement iniciou suas atividades com a construção da fábrica de cimento Portland Eldorado, em Apiaí, São Paulo, em 1967. Em 1993, inaugurou a fábrica de Bodoquena, Mato Grosso do Sul, e em 1997 comprou a Cimento Cauê, uma empresa de 42 anos com duas unidades de produção em Minas Gerais. Por tratar-se de uma indústria de alto consumo energético a Intercement investe na geração de energia renovável, tendo adquirido em 1997 participação na Machadinho Energia S.A (MAESA) e, em 2001 na Energética Barra Grande S.A (BAESA).

Em 2003, entrou em operação a planta integrada de Ijaci, Minas Gerais. Mais recentemente, adquiriu a moagem de Jacareí, 33 usinas de concreto e Suape, uma unidade de moagem de cimento próxima de Recife, inaugurando sua primeira operação no Nordeste brasileiro. Em 2004, a Camargo Corrêa Cimentos realizou abertura de capital com emissão de debêntures.

A empresa iniciou atividades na Argentina em 2005, quando comprou o controle acionário da Loma Negra, líder no mercado argentino com mais de 80 anos em operação, e suas coligadas.

A Intercement também tem participação na Yguazú Cimentos, no Paraguai, na Itacamba Cimentos e no projeto Palanca Cimentos, que visa implantar uma fábrica de cimento em Angola. Em dezembro de 2009, a Intercement transferiu para a sua controladora Camargo Corrêa S.A. (CCSA) os interesses mantidos na Itaúsa e na Usiminas com o objetivo de focar nos seus negócios principais. No início de 2010, a controladora Camargo Corrêa S.A. (CCSA) realizou a aquisição de aproximadamente 33% do capital da cimenteira portuguesa Cimentos Portugal (Cimpor).

6.2 UNIDADE OPERACIONAL DE CANDIOTA

Até o ano de 1986, a fábrica de Candiota somente produzia calcário para o abastecimento da fábrica de Nova Santa Rita, onde se processava a produção de clínquer.

Em 1987, porém, a unidade inaugurou uma moderna fábrica de clínquer, com instalações que se igualavam, em tecnologia e produtividade, às mais competitivas indústrias de cimento da Europa e dos Estados Unidos. A unidade operacional pertencia ao Grupo Bunge. Em novembro de 1994, a unidade foi certificada pela Norma ISO 9002, posteriormente pelas normas ISO14000 e OHSAS18000. A partir de 1995, a fábrica de Candiota teve sua linha de produtos ampliada, através da inauguração de instalações para produção de 250000 t/ano de cimento, viabilizando a comercialização na região. Em 1997, o Grupo Cimpor assumiu as atividades na unidade.

6.2.1 Processo produtivo da unidade operacional de Candiota

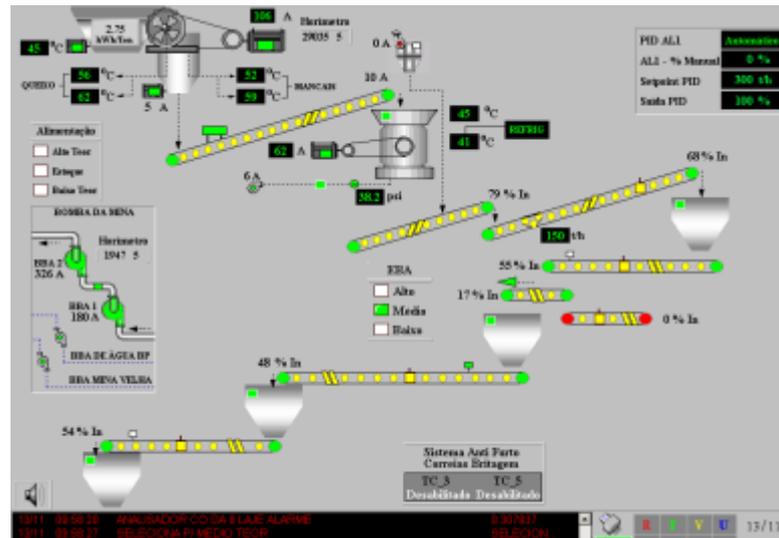
No ano de 2012, o controle das ações operacionais passou a Intercement, pertencente ao Grupo Camargo Córrea.

O processo produtivo da unidade inicia na extração do calcário na mina própria, localizada a 3,5 km do forno de clinquerização. Após o desmonte da mina, o calcário é transportado por caminhões até o britador primário e depois ao secundário. Do britador secundário, é conduzido por correia transportadora até o galpão de estocagem. A granulometria deste é menor que 60 mm de diâmetro.

O controle de operação é automatizado, sendo realizado em um comando central no Britador e outro no restante do parque fabril.

Na figura 10, mostra o fluxograma do sistema do Britador, na tela de operação do operador.

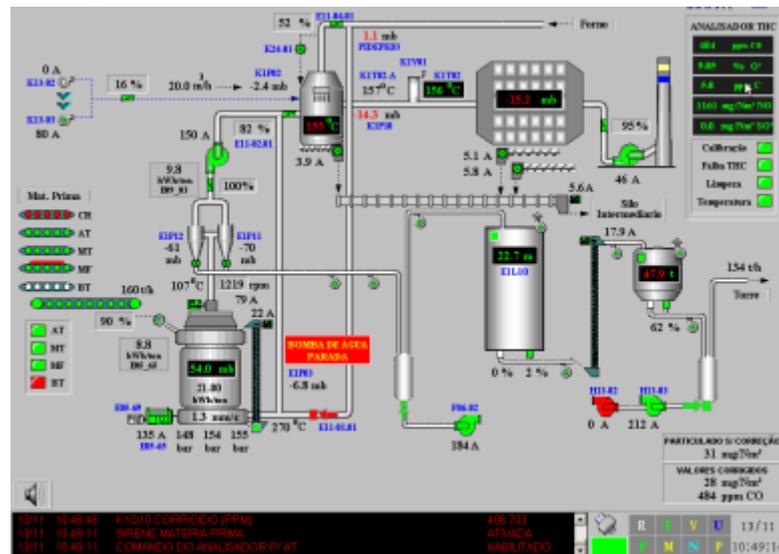
Figura 10 - Tela de operação Britador



Fonte: Autor (2013).

Do galpão, segue para a moega, balança dosadora e correia transportadora até o moinho de farinha, chamado de Moinho de Cru (figura 11). Para que esta movimentação não gere emissão de material particulado, o calcário é umidificado com água pulverizada no começo de sua movimentação nas correias de transporte.

Figura 11- Tela de operação Moinho de Cru

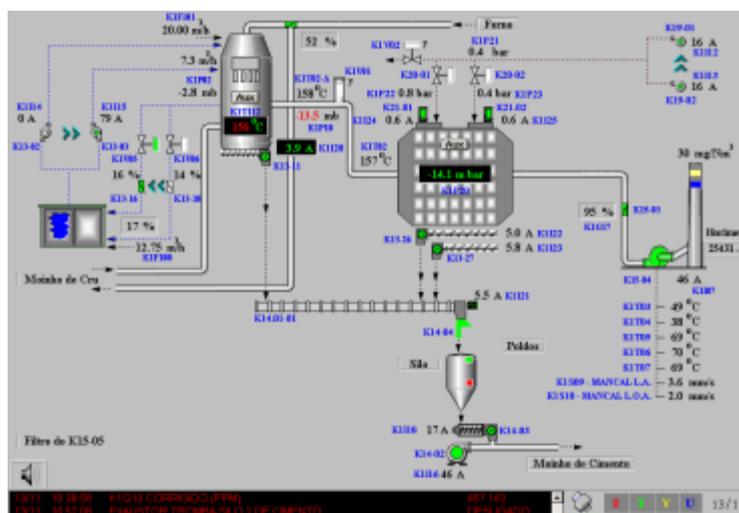


Fonte: Autor (2013).

Após a moagem, o material é transportado pneumáticamente para um separador dinâmico onde há uma separação granulométrica: as partículas maiores são enviadas ao silo de estocagem e constituem a farinha de calcário; os finos juntamente com a corrente gasosa,

são enviados à torre de resfriamento, que retém parte deste pó e o faz retornar ao sistema, sendo que as partículas que passarem pela torre, segue para um filtro de mangas (figura 12) e depois para a chaminé.

Figura 12 - Tela de operação Filtro de Mangas.



Fonte: Autor (2013).

O pó que é recolhido do sistema de filtro de mangas também é realimentado, retornando ao sistema. Do silo de estocagem, a farinha é conduzida via bombeamento pneumático e com dosagem controlada por balanças dosadoras, para a torre de ciclones.

Nesta torre, a farinha é injetada nos dutos de gases do 5º nível de ciclones e a partir deste ponto a farinha desce por gravidade, paralelamente e em contra corrente com o fluxo de gases ascendente, oriundos do forno de clinquerização, percorrendo o circuito, 5º ao 2º nível de ciclones; pré-calcinador e 1º nível de ciclones, até chegar ao forno.

Até a entrada do forno e na sequência apresentada ocorre o seguinte perfil de temperaturas dos sólidos:

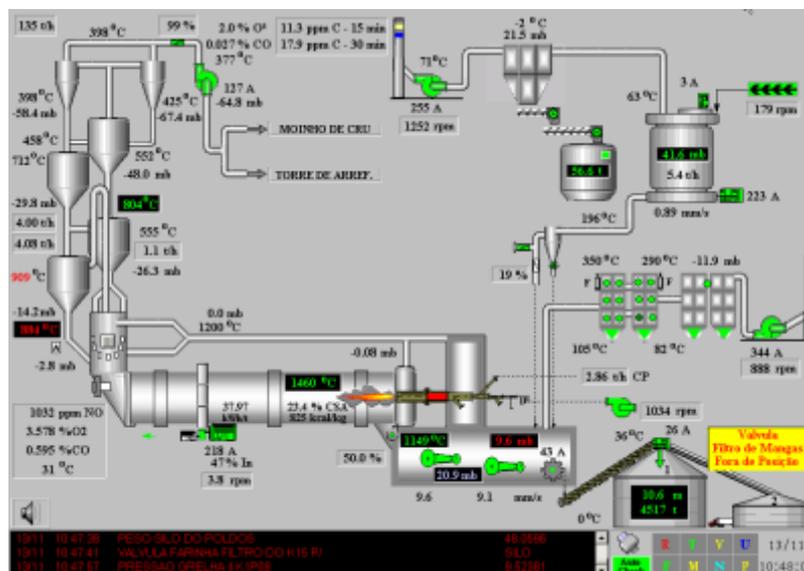
- Saída do 5º nível de ciclones: entre 360 °C e 420 °C;
- Saída do 4º nível de ciclones: entre 460 °C e 560 °C;
- Saída do 3º nível de ciclones: entre 560 °C e 600 °C;
- Saída do 2º nível de ciclones: entre 700 °C e 750 °C;
- Pré calcinador: entre 1050°C e 1200°C;
- Saída do 1º nível de ciclones: entre 950 °C e 1050 °C.

Dentro do forno, durante o processo de clinquerização, a farinha passa por cinco zonas diferentes, na sequência e perfil de temperaturas descritas abaixo:

- Zona de descarbonatação: entre 1050 °C e 1200 °C;
- Zona de transição: entre 1200 °C e 1300 °C;
- Zona de fusão: entre 1350°C e 1400 °C;
- Zona de clinquerização: entre 1400 °C e 1450 °C;
- Zona de resfriamento: em torno de 1300 °C.

Na próxima figura, temos a tela de operação do Forno.

Figura 13 - Tela de operação do Forno.



Fonte: Autor (2013).

Estas temperaturas dentro do forno são mantidas mediante a injeção de combustível, que pode ser coque de petróleo, carvão mineral, raspa de pneu ou casca de arroz, pela parte anterior do forno, câmara de combustão primária (queimador principal) e também pela sua parte posterior, câmara de combustão secundária (pré calcinador – queimador secundário), na qual é alimentado o combustível secundário, podendo ser carvão mineral, coque de petróleo, casca de arroz, borracha de pneu picado e resíduos sólidos triturados.

O split térmico para formação de clínquer é estabelecido em 45% da carga térmica da mistura de combustível oriunda da câmara de combustão primária e 55% da câmara de combustão secundária. Este split térmico deve ser assegurado para o sistema de produção de clínquer, com a alimentação de resíduos.

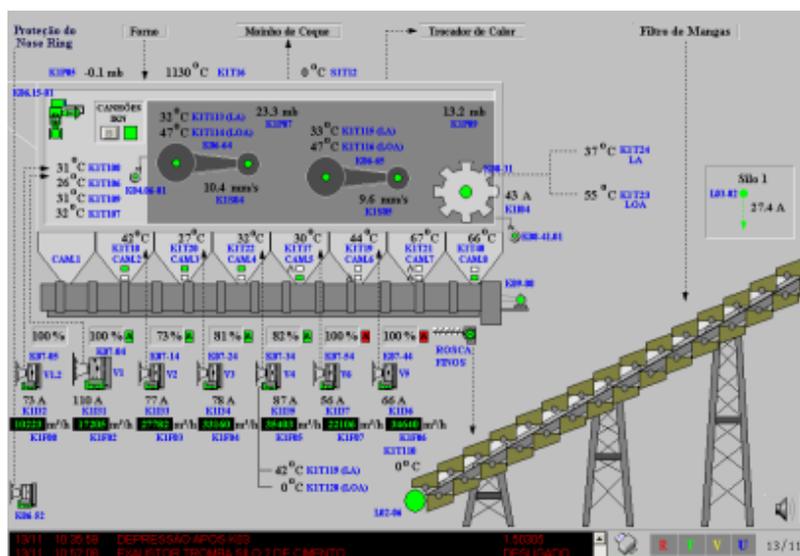
Na zona de descarbonatação do forno, ocorre a conversão final do carbonato de cálcio, presente no calcário, em óxido de cálcio, iniciada na torre de ciclones.

A zona de transição caracteriza-se pelo estado físico intermediário da “farinha” entre sólido e líquido. Nas zonas de fusão e de alta temperatura, parte do material no interior do forno encontra-se no estado líquido, ocorrendo a clinquerização da matéria prima.

Nestas duas zonas do forno ocorre também a incidência direta da chama do maçarico principal por sobre a matéria prima. A temperatura desta chama pode chegar a valores entre 1700°C e 2000 °C.

Na zona de resfriamento (figura 14), a matéria prima já está clinquerizada e é solidificada formando pelotas de clinquer de no máximo 40 mm de diâmetro.

Figura 14 - Tela de operação Resfriador.



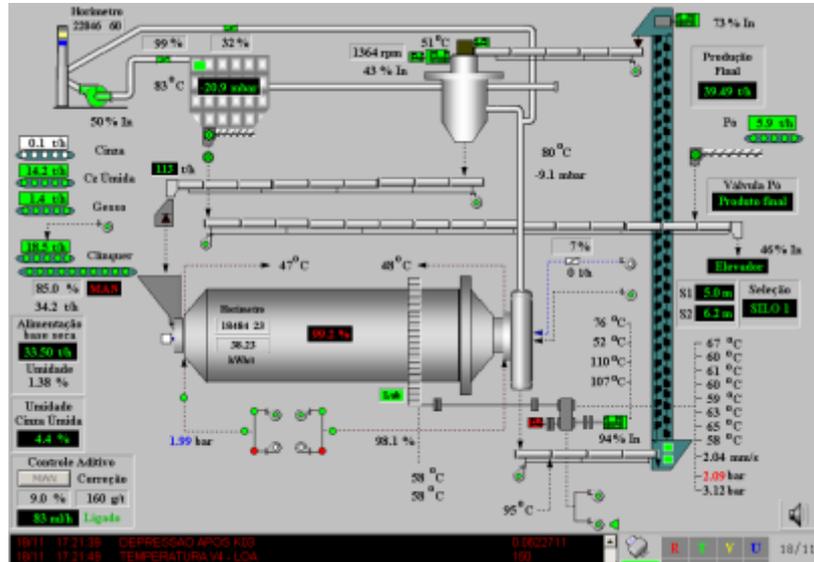
Fonte: Autor (2013).

Ao sair do forno, o clinquer em pequenas esferas cai em um sistema de resfriamento através de ar fresco soprado por ventiladores e em seguida é encaminhado a dois silos de estocagem através de um transportador de canecas.

Dos dois silos de estocagem, uma parte do clinquer é encaminhada para um moinho onde é misturado com cinzas volantes de carvão proveniente de termelétrica e fosfogesso para a formulação final do cimento CPIV (figura 15), que é enviado ao setor de embalagem e

posterior expedição. A outra parte do clínquer é transportada para a unidade de moagem no município de Nova Santa Rita / RS.

Figura 15 - Tela de operação Moinho de Cimento.



Fonte: Autor (2013).

7 COPROCESSAMENTO DE RESÍDUO CLASSE 1 NA UNIDADE OPERACIONAL

A utilização de resíduos classe 1 no Forno da unidade de Candiota foi licenciado em 2014. A recuperação de energia proporcionada pelo coprocessamento dos referidos resíduos permitirá a substituição dos combustíveis fósseis utilizados nos fornos industriais. Este é um processo de reciclagem e é compreendido desta forma, nos países desenvolvidos onde se pratica esta tecnologia. Portanto, o empreendimento proposto pela empresa apresenta uma solução efetiva para a redução da carga de poluentes industriais e a recuperação de energia contida nos mesmos, colocando na prática o conceito de desenvolvimento sustentável. Do ponto de vista econômico-social há perspectiva de operacionalização de mais um segmento econômico, que contribuirá para a geração de riquezas, de empregos, recolhimento de impostos e desenvolvimento de uma rede de fornecedores e prestadores de serviços.

Segundo a CONSEMA 02 do ano de 2000, o coprocessamento de resíduos, através do processo de queima em fornos para produção de clínquer, não deve comprometer a qualidade ambiental na área de influência, evitando danos e riscos à saúde. São considerados, para fins de coprocessamento em fornos de produção de clínquer, resíduos passíveis de serem utilizados como substituto de matéria prima ou de combustível, desde que as condições do processo, assegurem as exigências técnicas e parâmetros fixados pela FEPAM, comprovados a partir dos resultados práticos do plano do teste de queima proposto e observem as restrições a serem fixadas no processo específico de licenciamento. Para que um resíduo seja utilizado como substituto de matéria prima, deve apresentar características químicas similares às matérias-primas normalmente empregadas na produção de clínquer, ou seja, deve ser composto, basicamente, por óxidos de cálcio, silício, alumínio e ferro, contemplando também, a presença de mineralizadores e/ou fundentes.

A CONSEMA 02/2000, para o licenciamento ambiental do coprocessamento de resíduos em fornos de produção de clínquer no Estado do Rio Grande do Sul, são necessários:

- a) Estudo de viabilidade de queima (EVQ);
- b) proposta de coprocessamento/plano de teste em branco;
- c) teste em branco/relatório de teste em branco;
- d) plano de teste de queima (PTQ)/ teste/ relatório do teste de queima;
- e) análise de risco;
- f) planos complementares.

7.1 Estudo de viabilidade de queima (EVQ)

Os resíduos industriais a serem coprocessados na unidade da empresa são preparados através de uma unidade de pré-tratamento e mistura (“Blending”), de propriedade de outra empresa e fora da unidade operacional.

A composição estimada do “Blending AF50”, a ser recebido, deverá atender aos seguintes parâmetros:

Resíduo a ser coprocessado como combustível:

- Produção de clínquer da unidade = 68.200 t / mês (2.200 t / dia);
- Consumo térmico do clínquer = 815 kcal / kg;
- Participação do “BLENDING AF50” em calor = 16 %;
- Poder Calorífico Inferior (PCI) médio do “Blending AF50” = 3.500 kcal / kg;
- Umidade média do “Blending AF50” = 15 %;
- Consumo médio do “Blending AF50” = 3.000 t / mês (base úmida);

O blending AF50 de resíduos é considerado um combustível alternativo. Sua utilização depende da oferta de mercado, podendo chegar a uma taxa de alimentação na ordem de 4,0 t / h, como substituto de coque e/ou casca de arroz. O combustível principal da planta de clínquer é o coque de petróleo, sendo a casca de arroz utilizada como combustível secundário alternativo.

7.2 Proposta de coprocessamento

O blending AF50 é recebido em caminhões basculantes e armazenado no galpão de estocagem de resíduos substitutos de combustíveis, como depósito de produto acabado. A partir da pilha de estocagem, este “blend” será alimentado, com pá carregadeira em uma moega, dotada de balança dosadora para controle da vazão e transportado (através de um sistema de correias transportadoras) até a plataforma do prédio do pré calcinador onde será admitido na câmara de combustão secundária através de válvulas guilhotinas.

O laboratório existente na fábrica será adaptado para realizar o controle dos resíduos recebidos no tocante aos parâmetros definidos na especificação e nas condicionantes da futura licença de operação. Todo esse cuidado fundamenta-se na preocupação de não permitir a entrada de resíduos proibidos ao coprocessamento.

Os equipamentos do sistema de alimentação de resíduos no forno, tanto na zona de combustão secundária (pré calcinador) como na zona de combustão primária (queimador), serão intertravados com o sistema de monitoramento contínuo de emissões na chaminé, para interrupção automática da injeção de “blend” nas seguintes situações:

- Queda da temperatura normal de operação;
- Pressão positiva no forno;
- Falta de energia elétrica ou queda brusca de tensão;
- Queda do teor de O² no sistema;
- Mau funcionamento dos monitores e registradores de temperatura, CO, O² ou interrupção do funcionamento dos equipamentos de controle da poluição;
- Temperatura da entrada do filtro de mangas superior a 200 °C.

7.3 Plano de teste de queima (PTQ)

O Plano de Teste de Queima (PTQ) deu continuidade ao processo de licenciamento e possui a finalidade de se verificar e de assegurar que não ocorrerão impactos ambientais decorrentes da utilização de combustíveis alternativos, onde serão feitas amostragens na chaminé do forno de clínquer da fábrica, comparando-se as emissões atmosféricas ocorridas utilizando os combustíveis atuais (coque de petróleo, casca de arroz, resíduos de pneus e resíduos da indústria calçadista) e matérias-primas atuais (calcário alto, calcário médio, minério de ferro, carepa de ferro) com as emissões que ocorrerão com a utilização dos blend sólido classe 1 como substituto de combustível, denominado como Blend AF50.

O período de 14 dias para realização do Teste de Queima contempla 7 dias para execução do Pré-Teste de Queima, onde os principais parâmetros operacionais e de alimentação dos resíduos serão ajustados para realização das amostragens de chaminé.

7.4 Controle de emissões atmosféricas

Conforme a licença operacional, os padrões de emissão a serem atendidos pela unidade de fabricação de clínquer são:

Tabela 1 - Limites de emissões

Material	Limite
Material particulado	70 mg/Nm ³ corrigido a 11% de O ² (base seca)
HCL	1,8 kg/h ou 99% de redução
HF	5 mg/Nm ³ corrigido a 7% de O ² (base seca)
CO	100 ppmv corrigido a 7% de O ² (base seca)
SOx	40 mg/Nm ³ corrigido a 7% de O ² (base seca)
NOx	930 mg/Nm ³ corrigido a 7% de O ² (base seca)
Hidrocarbonetos Totais (THC)	20 ppmv corrigido a 7% de O ² (base seca)
Mercúrio (Hg)	0,05 mg/Nm ³ corrigido a 7% de O ² (base seca)
Chumbo (Pb)	0,35 mg/Nm ³ corrigido a 7% de O ² (base seca)
Cádmio (Cd)	0,10 mg/Nm ³ corrigido a 7% de O ² (base seca)
Tálio (Tl)	0,10 mg/Nm ³ corrigido a 7% de O ² (base seca)
(As+Be+Co+Ni+Se+Te)	1,4 mg/Nm ³ corrigido a 7% de O ² (base seca)
(As+Be+Co+Cr+Cu+Mn+Ni+Pb+Sb+Se+Sn+Te+Zn)	7,0 mg/Nm ³ corrigido a 7% de O ² (base seca)

Fonte: FEPAM (2014).

Todo resíduo recebido deverá ser processado na empresa, a empresa não é autorizada no recebimento de resíduos para o armazenamento e posterior envio para outras destinações.

Os sistemas de controle das emissões gasosas contemplam as três correntes existentes na unidade caracterizadas como: chaminé do forno e da moagem de farinha, chaminé do sistema de resfriamento de clínquer e chaminé do sistema de moagem de coque.

O controle dos poluentes das emissões atmosféricas do forno de clínquerização é feito através de um filtro de mangas, com tecnologia Likstron que utiliza um sistema de limpeza de baixa pressão. O filtro de mangas é modelo LKB-ND 02 com 1.808 mangas de fibra de vidro com membrana de PTFE. O ar de limpeza é de baixa pressão.

Figura 16 - Filtro de Mangas



Fonte: Cimpor (2006).

Antes deste filtro de mangas existe uma torre de condicionamento dos gases, para que sejam mantidas a temperatura e umidade adequada da corrente gasosa, na entrada do filtro de mangas. Para a operação do filtro de mangas instalado foi adicionado um segundo anel de bicos de pulverização para permitir o controle ideal da temperatura na entrada do filtro.

Para temperaturas menores que 180 °C na entrada do filtro de mangas a torre de condicionamento de gases opera apenas com os bicos de pulverização do anel principal. Caso esta temperatura seja maior ou igual a 180 °C, automaticamente o segundo anel de bicos é habilitado por lógica e um par de bicos de pulverização é aberto. A cada incremento de 10° C nesta temperatura um novo par de bicos é aberto. Este segundo anel é composto por quatro pares de bicos.

Em condições mais críticas, quando a temperatura atingir 230°C, uma válvula de ar fresco, posicionada na entrada do filtro de mangas, abre e, não sendo suficiente esta ação, ocorre o desligamento do exaustor do filtro de mangas, com a temperatura atingindo 245°C, sendo o forno parado por intertravamento.

O controle das emissões atmosféricas do sistema de resfriamento de clínquer é feito por um sistema de tratamento independente, compreendendo trocadores de calor e filtro de mangas.

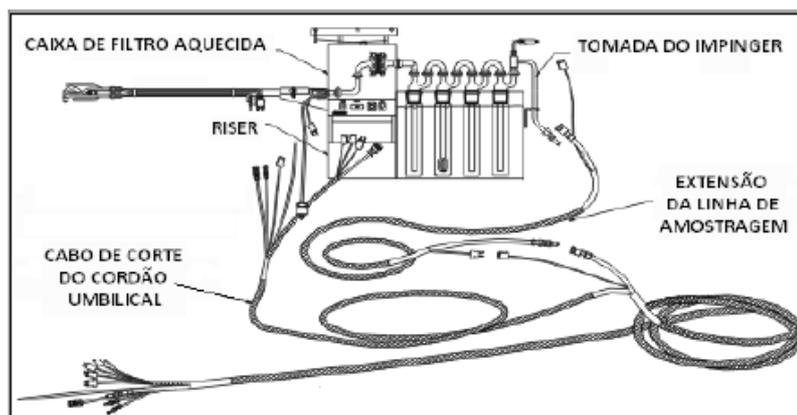
Para o controle das emissões no sistema de moagem de coque também existe um sistema de controle próprio, através de outro filtro mangas, operando exclusivamente para estas emissões.

O sistema atual de monitoramento das emissões atmosféricas consiste num programa de amostragens dos efluentes gasosos na chaminé do forno de clinquerização, acompanhadas e enviadas para a FEPAM a cada doze meses, incluindo os seguintes parâmetros: material particulado, NO_x, SO_x, metais, cloretos, fluoretos, cianetos, THC, estireno, dibenzoantraceno, naftaleno, dioxinas e furanos.

A amostragem de efluentes gasosos é realizada por uma empresa contratada. São realizado três coletas de material, com o sistema em operação normal.

Após a coleta, os materiais são analisados em laboratório. Na figura 16, temos o modelo de coletar para material isocinético (particulado).

Figura 17 - Coleta de amostra isocinética.



Fonte: Bioagri (2012).

A unidade possui um equipamento para monitoramento contínuo de hidrocarbonetos Totais, CO, O₂, NO_x, SO₂ e material particulado. Conforme mostrado na figura 17, o analisador está localizado na chaminé da fábrica.

Figura 18 - Localização analisador THC.



Fonte: Autor (2014).

A coleta de gás é realizada por uma sonda.

Figura 19- Sonda analisador THC.



Fonte: Autor (2014).

O gás coletado é microprocessado em uma unidade de processamento.

Figura 20 - Unidade de tratamento de gás.



Fonte: Autor (2014).

As concentrações de CO na chaminé não devem exceder a 100 ppmv em termos de média horária, sendo que o limite de 100 ppmv somente poderá ser excedido se os valores medidos de THC não excederem a 20 ppmv em termos de média horária e que não seja ultrapassado o limite superior de CO de 500 ppmv, corrigido a 7% de O₂, em qualquer instante.

As análises destas concentrações são disponibilizadas para a FEPAM em tempo real, através de uma planilha na internet, como mostrado na figura 21.

Figura 21 - Planilha FEPAM

MONITORAMENTO CONTÍNUO DE EMISSÕES - CAN								
Impressão XLS Voltar								
DATA/HORA	Registros	Alimt	Part	CO	O2	THC	NOx	SO2
27/01/2014 00	49	139,90	38,69	1.623,96	9,01	14,96	746,72	0,00
27/01/2014 01	54	139,82	41,44	1.273,00	9,11	12,66	757,82	0,00
27/01/2014 02	60	139,98	42,45	1.015,26	9,11	8,65	762,33	0,01
27/01/2014 03	58	137,91	41,63	2.281,35	8,85	9,57	672,91	0,01
27/01/2014 04	46	138,19	41,02	2.305,44	8,83	13,47	676,58	0,01
27/01/2014 05	49	136,81	43,61	2.043,44	8,91	16,39	725,98	0,01
27/01/2014 06	59	137,06	41,62	2.576,08	8,81	16,83	667,78	0,01
27/01/2014 07	60	138,03	41,98	1.565,79	8,88	18,28	739,56	0,00
27/01/2014 08	41	134,82	47,02	1.449,69	8,66	13,05	770,79	4,53
27/01/2014 09	46	126,52	43,84	1.911,00	7,96	11,56	685,75	11,84
27/01/2014 11	19	46,04	64,47	23,94	12,61	0,08	800,02	0,01
27/01/2014 12	43	64,12	38,88	375,48	8,65	0,44	473,62	28,52
27/01/2014 13	58	129,26	34,27	1.908,76	9,25	5,88	733,67	0,62
27/01/2014 14	47	136,49	27,02	2.717,48	8,85	14,12	605,64	0,01
Total Geral	689	129,35	40,92	1.735,90	8,96	11,75	700,26	2,90

Fonte: Autor (2014).

7.5 Fluxo do resíduo dentro da unidade operacional

O resíduo é processado em uma empresa terceirizada, a unidade operacional não possui licenciamento ambiental para triturar o material dentro do parque fabril.

O material é recebido pelo setor de Logística, o lote enviado para fábrica é pesado em uma balança rodoviária. O resíduo blindado, ou seja, o resíduo misturado é colocado em um galpão, onde o acesso é restrito.

Figura 22 - Galpão de estocagem de Resíduo Classe I



Fonte: Autor (2014).

Neste galpão, o resíduo é estocado em baias, conforme mostrado na figura 23.

Figura 23 - Baias de estocagem de Resíduo Classe I



Fonte: Autor (2014).

Neste momento são coletadas amostras do resíduo que serão encaminhadas ao laboratório para análise, embora a análise do material blendado já tenha sido feita pela

empresa fornecedora. Confirmando a composição química e o PCI do resíduo classe I, este lote é liberado para uso no processo.

Após, o material é encaminhado para o galpão de dosagem de resíduo, área onde estão localizado as balanças dosadoras de pneu picado e de resíduo classe I e II, conforme mostrado nas figuras 24 e 25.

Figura 24 - Galpão de dosagem de resíduo



Fonte: Autor (2014).

Figura 25 – Balanças dosadoras de pneu picado e resíduo.



Fonte: Autor (2014).

O material é armazenado em um nova baia, situada neste galpão.

Figura 26 - Baia com resíduo classe I



Fonte: Autor (2014).

Com o uso de uma pá carregadeira o material é colocado em uma moega. Esta moega é espécie de um pulmão localizado acima da balança dosadora. Sua função é fornecer material constante para a balança dosadora. A figura 27 é a vista externa e a figura 28 a vista interna da moega.

Figura 27 – Vista externa moega do resíduo classe I



Fonte: Autor (2014).

Figura 28 - Vista interna moega do resíduo classe I



Fonte: Autor (2014).

Com a moega cheia de material, a balança executa a dosagem do resíduo conforme o pedido do comando central.

O Comando Central é a área da fábrica onde são executadas todas as operações. Com o apoio do setor de Qualidade e Processos é definido qual é a quantidade de resíduo que será utilizada, respeitando as normas da licença operacional.

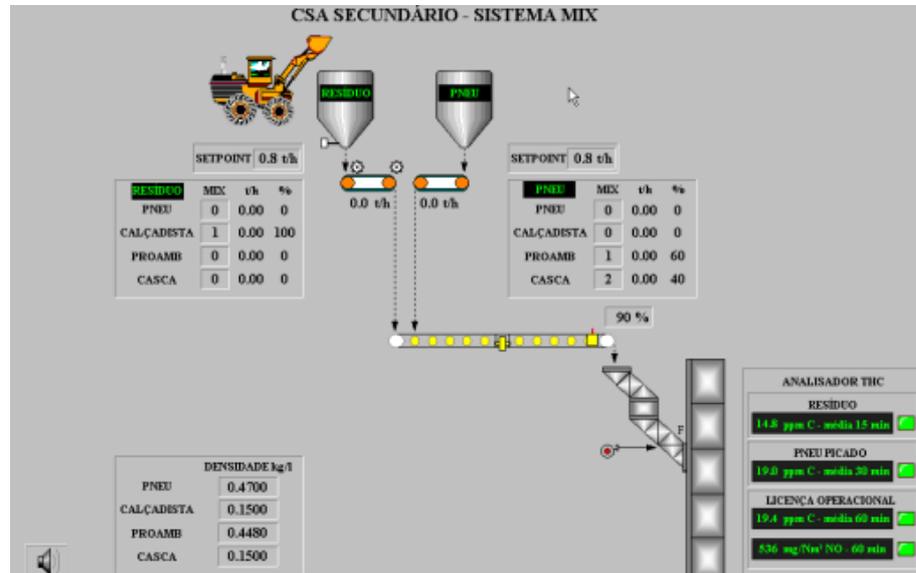
Figura 29 - Comando Central



Fonte: Autor (2014).

Na figura 30 temos a tela de operação do resíduo.

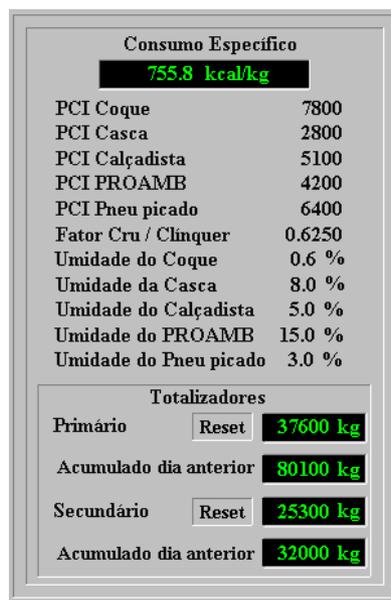
Figura 30 - Tela de operação do resíduo.



Fonte: Autor (2014).

No supervisório são inseridos os valores de PCI e umidade dos materiais combustíveis para cálculo automático de consumos específicos do processo, ou seja, o quanto de calor é utilizado para a produção de uma tonelada de clínquer, como mostrado na figura 31. Este valor é um referencial muito importante para o bom custo de produção de cimento e está relacionado com o custo do combustível.

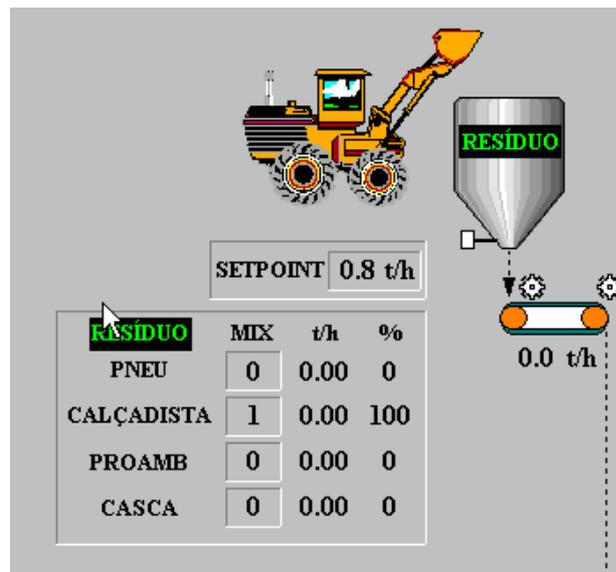
Figura 31 - Tela PCI.



Fonte: Autor (2014).

De acordo com as análises químicas, emissões atmosféricas, PCI, produção e demais variáveis de processo, é definido a mistura e quantidade de resíduos, incluído o resíduo classe I, para a dosagem na torre de calcinação. Esta composição também é inserida na tela de operação juntamente com a densidade do material.

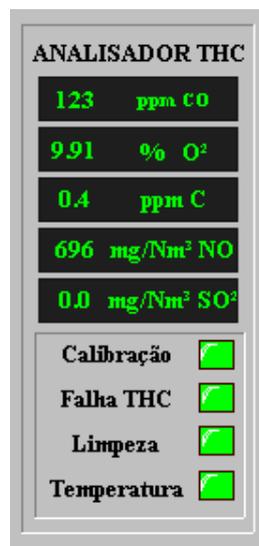
Figura 32 - Mistura resíduos.



Fonte: Autor (2014).

A Licença Operacional define limites de operação e emissões atmosféricas, as quais são analisadas continuamente na chaminé e disponibilizadas na tela de operação.

Figura 33 - Analisador na tela de operação



Fonte: Autor (2014).

Estes analisadores são calibrados periodicamente e seus dados são monitorados em tempo real pela FEPAM.

7.6 Resultados obtidos

Para a obtenção da licença operacional, os testes de análise do material da chaminé foram realizados em todas as etapas.

O período de 14 dias para realização do Teste de Queima contempla 7 dias para execução do Pré-Teste de Queima, onde os principais parâmetros operacionais e de alimentação dos resíduos serão ajustados de acordo com a licença operacional para realização das amostragens de chaminé.

A amostragem e análise das emissões são apresentadas na tabela 2:

Tabela 2 - Materiais coletados

Parâmetros	Métodos de Coleta	Método de Análise	Equipamento utilizado
Material Particulado	CETESB L9.225 EPA Method 5	Gravimétrico	Sistema para Coleta Isocinética
Óxidos de Enxofre (SO _x)	CETESB L9.228	Titulação com Sal de Bário	Sistema para Coleta Isocinética
Ácido Clorídrico e Cloro (HCl / Cl ₂)	EPA Method 0050	EPA 9057 Method Cromatografia de Íons	Sistema para Coleta Isocinética
Multimetais	EPA Method 29	Absorção Atômica e/ou Emissão de Plasma	Sistema para Coleta Isocinética
Fluoretos (HF e F ⁻)	CETESB L9.213 EPA Method 13	Eletrodo Íon Específico	Sistema para Coleta Isocinética
Óxidos de Nitrogênio (NO _x)	CETESB L9.229 EPA Method 7B	Dosagem Colorimétrica	Sistema para Coleta em Balões de Vidro

Mercúrio (Hg)	EPA Method 101-A	Absorção Atômica com Gerador de Hidretos	Sistema para Coleta Isocinética
VOC's	EPA Method 0030/0031 (VOST)	EPA Method 5041A Dessorção Térmica / Cromatografia Gasosa	Coleta utilizando Sistema VOST
SEMI-VOC's	CETESB L9.232 EPA Method 0010	EPA Method 8270C Cromatografia de Massa (GC-MS)	Sistema para Coleta Isocinética
Dioxinas e Furanos	EPA Method 0023A	EPA Method 8280A Cromatografia de Massa (GC-MS)	Sistema para Coleta Isocinética

Fonte: Bioagri (2013).

O período de amostragem está na tabela 3.

Tabela 3 - Período de amostragem

		Data	Início	Final	Coleta (horas)
SOx	1°	18/06/2013	9:48	11:50	2:02
	2°	18/06/2013	12:03	14:05	2:02
	3°	18/06/2013	14:15	16:18	2:03
HCl – Cl - CN	1°	19/06/2013	8:25	10:27	2:02
	2°	19/06/2013	10:40	12:43	2:03
	3°	19/06/2013	12:55	14:57	2:02
THC	1°	19/06/2013	9:25	10:05	0:40
	2°	19/06/2013	10:15	10:55	0:40
	3°	19/06/2013	11:10	11:50	0:40
HF – F	1°	19/06/2013	15:10	16:13	1:03
	2°	20/06/2013	16:24	17:27	1:03
	3°	20/06/2013	7:17	8:20	1:03
Metais - Hg	1°	20/06/2013	8:40	10:42	2:02
	2°	20/06/2013	11:01	13:03	2:02
	3°	20/06/2013	13:20	15:22	2:02

Dioxinas - Furanos	1°	21/06/2013	7:30	10:22	2:50
	2°	21/06/2013	10:39	13:51	3:12
	3°	21/06/2013	14:08	16:56	2:48
SeniVOC	1°	22/06/2013	8:45	11:35	2:50
	2°	22/06/2013	11:54	14:45	2:51
	3°	22/06/2013	14:58	17:49	2:51
Nox	1°	20/06/2013	13:30	-	Pontual
	2°	20/06/2013	14:25	-	Pontual
	3°	20/06/2013	15:20	-	Pontual
	4°	21/06/2013	14:20	-	Pontual
	5°	21/06/2013	15:10	-	Pontual
	6°	21/06/2013	16:45	-	Pontual

Fonte: Bioagri (2013).

Na tabela 4, as condições operacionais durante a amostragem isocinética, valores que foram coletados diretamente da tela de operação e demonstram a estabilidade do processo:

Tabela 4 - Condições do Forno

Condições do forno	TAG	Média	Variação
Temperatura Zona de Queima	K1T15	1.389 °C	1.271 a 1464 °C
Rotação do forno	K1S01	3,6 rpm	3,3 a 3,7 rpm
Alimentação do forno (t/h)	K1F01	121 t/h	a 128 t/h

Fonte: Bioagri (2013).

Na tabela 5, segue a movimentação e estoque de resíduos durante o teste.

Tabela 5 - Movimentação de estoque

Período	Entrada	Consumo	Estoque
18 a 30/06/13	278,37 t	256,64 t	21,33 t
01 a 31/07/13	387,72 t	375,86 t	33,59 t
01 a 31/08/13	510,53 t	544,12 t	0 t
18/06 a 31/08/13	1.176,62 t	1.176,62 t	0 t

Fonte: Bioagri (2013).

A quantidade de resíduos “Blend AF50” utilizada conforme tabela 5:

Tabela 6 - Resíduos consumidos

Atividade	Período	Quantidade
Medição – Amostragem TQ	18 a 22/06/13	176,64 t
Ajuste do sistema dosagem	23/06 a 31/08/13	999,98 t

Fonte: Bioagri (2013).

Durante o TQ a dosagem do resíduo Blend AF50 ocorreu adicionando puro e misturando com casca de arroz e pneu. A média horária de dosagem chegou próximo a 4 t/h, conforme previsto pelo Plano do Teste de Queima. Na figura 34 resume a dosagem do resíduo durante a amostragem isocinética:

Figura 34 - Dosagem de resíduo

Parâmetro	Coleta	Data	Alimentação Forno t/h	Produção Clínquer t/h	Produção Clínquer tpd	Coque t/h	Casca t/h	Pneu Picado t/h	Calçadista t/h	Blend AF50 t/h
MP-SOx	1ª	18/jun	136	82	1.967	4,9	4,0	0,8	1,8	0,8
	2ª		136	82	1.973	5,0	4,0	0,9	1,7	0,9
	3ª		135	81	1.947	5,6	2,6	0,7	1,8	0,7
MP-HCl-CI-CN	1ª	19/jun	134	81	1.945	4,6	3,7	1,4	1,5	1,3
	2ª		134	80	1.911	5,0	3,8	1,2	1,4	1,1
	3ª		133	81	1.936	4,8	4,0	1,1	1,4	1,1
VOC - THC	1ª	19/jun	130	80	1.916	4,5	4,0	1,3	1,5	1,2
	2ª		131	77	1.845	4,4	4,7	1,3	1,5	2,0
	3ª		140	84	2.022	5,7	3,6	0,0	1,5	1,7
HF-F	1ª	19/jun	135	81	1.949	5,4	3,9	0,0	1,5	1,9
	2ª		135	81	1.945	5,5	4,3	0,0	1,5	1,4
	3ª		137	83	1.988	5,4	4,3	0,0	1,4	1,4
Metais - Hg	1ª	20/jun	135	81	1.948	4,7	3,7	1,3	1,5	1,3
	2ª		132	81	1.950	4,6	4,0	1,3	1,5	1,2
	3ª		132	80	1.911	4,7	3,6	1,3	1,4	1,2
NOx	1ª	20/jun	136	82	1.967	5,3	4,2	0,0	1,4	1,3
	2ª		136	82	1.962	5,3	4,4	0,0	1,4	1,6
	3ª		140	85	2.034	5,6	4,2	0,0	1,5	1,3
	4ª	21/jun	141	85	2.034	6,1	5,2	0,0	0,1	3,7
	5ª		141	85	2.033	5,8	5,7	0,0	0,0	3,8
	6ª		141	85	2.033	6,0	5,7	0,0	0,0	3,7
Dioxinas - Furanos	1ª	21/jun	136	83	1.984	5,7	4,2	0,0	1,0	1,8
	2ª		141	85	2.034	5,9	5,0	0,0	1,4	3,0
	3ª		141	85	2.033	6,0	5,6	0,0	0,1	3,7
SemiVOC	1ª	22/jun	140	84	2.018	6,4	1,2	3,0	0,0	3,5
	2ª		140	85	2.029	6,1	3,8	1,4	0,0	3,7
	3ª		143	86	2.053	6,1	5,7	0,0	0,0	3,7

Fonte: Bioagri (2013).

Os resultados de cada coleta das amostragens são mostrados na figura 35. Nesta figura, demonstra que médias são constantes, não ocorrendo desvios significativos. Todas as coletas estão com valores abaixo dos estipulados pela licença operacional.

Figura 35 - Resultado coletas

Parâmetros	Unidade	1ª Coleta	2ª Coleta	3ª Coleta	VMP
HCl (Ácido Clorídrico)	Kg/h	< 0,051	0,092	< 0,052	1,8
HF (Ácido Fluorídrico)	mg/Nm ³	1,62	1,27	0,51	5 (*)
CO (Monóxido de Carbono)	ppmv	684	477	598	100 (*)
Material Particulado (MP)	mg/Nm ³	32,8	35	26,3	70 (**)
Óxidos de Enxofre (SOx)	mg/Nm ³	4,78	4,66	< 4,6	40 (*)
Óxidos de Nitrogênio (NOx)	mg/Nm ³	Coleta 01	Coleta 02	Coleta 03	930 (*)
		980	839	603	
		Coleta 04	Coleta 05	Coleta 06	
		1374	761	897	
Merúrio (Hg)	mg/Nm ³	< 0,0016	< 0,0015	< 0,0015	0,05 (*)
Chumbo (Pb)	mg/Nm ³	< 0,004	< 0,003	0,003	0,35 (*)
Cádmio (Cd)	mg/Nm ³	< 0,004	< 0,003	< 0,003	0,10 (*)
Tálio (Tl)	mg/Nm ³	< 0,004	< 0,003	< 0,003	0,10 (*)
(As+Be+Co+Ni+Se+Te)	mg/Nm ³	0,182	0,391	0,214	1,4 (*)
(As+Be+Co+Cr+Cu+Mn+Ni+Pb+Se+Sb+Sn+Te+Zn)	mg/Nm ³	0,358	0,616	0,351	7 (*)
Dioxinas e Furanos	ng/Nm ³	0,04392	0,01982	0,01256	0,5 (*)
THC	ppmv	1,87	1,36	5,2	20 (*)

VMP = Valor Máximo Permitido.

(*) = Concentração corrigida a 7 % de O₂ (Base Seca).

(**) = Concentração corrigida a 11 % de O₂ (Base Seca).

Fonte: Bioagri (2013).

Os resultados da média das amostragens estão na figura 36. Estas coletas e análises serviram como base para obtenção da licença operacional definitiva.

Figura 36 - Médias amostragens

Parâmetros	Unidade	Média das Coletas	VMP
HCl (Ácido Clorídrico)	Kg/h	0,092	1,8
HF (Ácido Fluorídrico)	mg/Nm ³	1,13	5 (*)
CO (Monóxido de Carbono)	ppmv	586	100 (*)
Material Particulado (MP)	mg/Nm ³	31,4	70 (**)
Óxidos de Enxofre (SOx)	mg/Nm ³	4,68	40 (*)
Óxidos de Nitrogênio (NOx)	mg/Nm ³	909	930 (*)
Mercurio (Hg)	mg/Nm ³	< 0,0015	0,05 (*)
Chumbo (Pb)	mg/Nm ³	< 0,0033	0,35 (*)
Cádmio (Cd)	mg/Nm ³	< 0,003	0,10 (*)
Tálio (Tl)	mg/Nm ³	< 0,003	0,10 (*)
(As+Be+Co+Ni+Se+Te)	mg/Nm ³	0,262	1,4 (*)
(As+Be+Co+Cr+Cu+Mn+Ni+Pb+Se+Sb+Sn+Te+Zn)	mg/Nm ³	0,442	7 (*)
Dioxinas e Furanos	ng/Nm ³	0,02543	0,5 (*)
THC	ppmv	2,81	20 (*)

VMP = Valor Máximo Permitido.

(*) = Concentração corrigida a 7 % de O₂ (Base Seca).

(**) = Concentração corrigida a 11 % de O₂ (Base Seca).

Fonte: Bioagri (2013).

Analisando os dados, conclui-se que o controle de emissões é eficaz e no momento de dosagem de resíduo, não temos um aumento significativo destas emissões. A tendência é de que os valores de emissões se mantenham abaixo dos limites legais quando o processo está estável.

Acompanhando o processo, vemos que podem ocorrer oscilações nas variáveis monitoradas devido a mudanças no sistema de clinquerização. A confiabilidade do conjunto de proteções garante os parâmetros ambientais dentro dos limites estabelecidos por norma.

O setor de Produção tem um foco constante nessas análises, para manter um bom custo benefício e metas de qualidade.

No início de 2014, a FEPAM emitiu a licença operacional em definitivo, onde a empresa está autorizada 36.000 t/ano de blend de resíduos industriais classe I.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho comprovou a viabilidade ambiental da utilização de coprocessamento de resíduos classe I em fornos de clínquer.

A necessidade de gerenciar, reduzir e destinar adequadamente os resíduos classe I, atendendo as legislações e normas ambientais vigentes, dentro de uma perspectiva social, econômica e sustentável, é um grande desafio da sociedade, mas possível a partir da sua reutilização como alternativas de energia térmica através de técnicas de destinação responsáveis e comprometidas.

O estudo de caso foi realizado em uma empresa onde esta aplicação é referência para outras do mesmo segmento, através de relatórios, é notável o grande envolvimento para a liberação da licença operacional. Foi um projeto em qual envolveu várias áreas. Contudo a empresa necessita investir em licenciamento ambiental, equipamentos, treinamento e desenvolvimento de pessoas e processos para que a atividade seja desenvolvida de forma responsável, segura, ecologicamente correta e economicamente viável.

No ponto de vista ambiental e legal, o objetivo foi alcançado. Deste conjunto de impactos positivos citam-se:

- a) A redução da utilização energética de combustíveis fósseis;
- b) A redução dos impactos ambientais negativos causados pelos resíduos que, se não fossem coprocessados, teriam destinação final com maiores riscos ambientais, como aterros ou até mesmo depósitos clandestinos;
- c) A diminuição da circulação de caminhões carregados com combustíveis nas estradas;
- d) A criação de alternativa ecologicamente correta para disposição de resíduos das empresas que atualmente enviam resíduos para fora do RS;
- e) A possibilidade de utilização de resíduos vitivinícolas (bagaço e engaço de uva), junto com o blend, permitindo avanço deste setor, em franco crescimento, no município de Candiota e na Campanha;
- f) Aumento da vida útil dos aterros industriais;
- g) Possibilidade de encerramento de aterros industriais.

O tipo de empreendimento fomenta a discussão de situações de risco dos trabalhadores e populações do entorno. A movimentação do material dentro do ambiente da fábrica requer grande atenção e monitoramento. O acesso ao galpão de resíduo é controlado e os

colaboradores orientados em casos de emergência. Outro aspecto se refere ao transporte e comércio dos resíduos a serem coprocessados. Estes debates são, em grande parte, ampliados (e até certo ponto criados, como no caso do transporte interestadual de resíduos) pela vulnerabilidade institucional dos órgãos públicos, além da postura inadequada de organizações não compromissadas com seus colaboradores.

O SGI - Sistema de Gestão Integrada da Qualidade, Meio Ambiente, Segurança e Saúde, já implantado no empreendimento, demonstra que não existe precariedade dos procedimentos de segurança e dos equipamentos de monitoramento ambiental, o que praticamente extingue os riscos aos quais estão expostos os trabalhadores, as populações de entorno e o meio ambiente.

A utilização do resíduo classe I também tem uma grande vantagem econômica, apesar de não ser o objetivo do trabalho, pode-se notar a grande economia do uso deste material no lugar do coque de petróleo, um combustível tradicionalmente caro. Por outro lado, o custo do resíduo é praticamente de seu transporte.

Finalmente, pode-se verificar que realmente o coprocessamento é um avanço na indústria cimenteira e que será um processo adotado pela maioria dos grandes grupos. As empresas ganham com um combustível mais barato e a sociedade com a eliminação de um material prejudicial ao meio ambiente.

9 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

- ABNT. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. NBR10004. Ano 2004.
- BIOAGRI. **Relatório de amostragem Nº 146137/13**. Cimpor Cimentos do Brasil Ltda, 2013.
- CIMPOR. **Programa Portas Abertas**. Cimpor. Candiota, 2008.
- CONAMA. **Resoluções CONAMA**, 1986 a 1991. Brasília: IBAMA, 1992.
- DIAS, R. **Gestão ambiental**. Ed. Atlas. São Paulo, 2009.
- GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. Ed. Atlas. São Paulo, 1987.
- ELETROBRÁS. **Estudo de Impacto Ambiental da Interligação Elétrica Brasil – Uruguai**. Ecosfera Consultoria Ambiental. Eletrobrás, 2011.
- FARENZENA, Hélio. **Manual descritivo Serrana**. Cimbagé, Candiota, 1999.
- FEPAM. **Diretriz Técnica número 001/2010**. Fundação Estadual de Proteção do Ambiente, 2010.
- FLS Smidth. **Moinho de rolos ATOX**. Disponível em: <<http://www.flsmidth.com>>. Acesso 15 set de 2013.
- FOGLIATTI, M.C. **Avaliação de impactos ambientais**. Ed. Interciência. Rio de Janeiro, 2009.
- HAYER & BOECKER. **Ensacadeira**. < www.haverbrasil.com.br>. Acesso 17 out de 2013.
- HOLCIM. **Coprocessoamento de resíduos**. Disponível em: <<http://www.holcim.com>>, Acesso 15 set de 2013.
- INTERCEMENT, Disponível em: <<http://www.intercement.com>>, Acesso 15 fev de 2014.
- KARSTENSEN, K.H. **Formação e emissão de POPs pela indústria de cimento**. UFMG, 2010.
- LEMO, W. **Impactos do coprocessamento de resíduos em um forno de clínquer**. CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA, 2009.
- MATTAR, Fauze Najeb. **Pesquisa de marketing: metodologia e planejamento**. Ed. Atlas. São Paulo, 1997.
- MALHOTRA, Naresh K. **Marketing Research: an applied orientation**. Ed. Upper Saddle River. Prentice-Hall, 1996.
- MACEDO, R. K. . **A importância da avaliação ambiental. Análise ambiental: uma visão multidisciplinar**. UNESP. Rio Claro, São Paulo, 1991.

MONTCALM. **Fornos de Cimento**. Disponível em: < <http://www.montcalm.com.br>>, Acesso 17 out de 2013.

RIBEIRO, D. Resíduos sólidos. **Problema ou oportunidade?** Ed. Interciência. Rio de Janeiro, 2009.

ROMERO, M. A. B. **Meio urbano e desenho urbano. Cadernos brasileiros de arquitetura**. Desenho urbano II. São Paulo, 1984.

SISNAMA. **Sistema Nacional do Meio Ambiente**. Lei 6938/81.

VALLE, C.E. **Qualidade ambiental. ISO14000**. Ed. Senac. São Paulo, 2002.