



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO

PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO

CENTRO DE ENGENHARIAS – CE

CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

FRANCISCO JOSIEL DO NASCIMENTO SANTOS

CONTROLE DE QUALIDADE E PROCESSOS PRODUTIVOS DE UMA MINERADORA
DE CALCÁREO.

MOSSORÓ

2017

FRANCISCO JOSIEL DO NASCIMENTO SANTOS

CONTROLE DE QUALIDADE E PROCESSOS PRODUTIVOS DE UMA MINERADORA
DE CALCÁREO

Relatório de estágio apresentado ao Curso de Engenharia Química da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para cumprimento do Estágio Supervisionado e TCC 2.

MOSSORÓ

2017

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S SANTOS, FRANCISCO JOSIEL DO NASCIMENTO.
237c CONTROLE DE QUALIDADE E PROCESSOS PRODUTIVOS
DE UMA MINERADORA DE CALCÁRIO / FRANCISCO
JOSIEL DO NASCIMENTO SANTOS. - 201753.
53 f. : il.

Orientador: GECILIO PEREIRA DA SILVA.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de , 201753.

1. ANÁLISE. 2. CALCÁRIO. 3. PROCESSOS. 4.
QUALIDADES. I. SILVA, GECILIO PEREIRA DA,
orient.
II. Título.

IDENTIFICAÇÃO

ALUNO: Francisco Josiel do Nascimento Santos

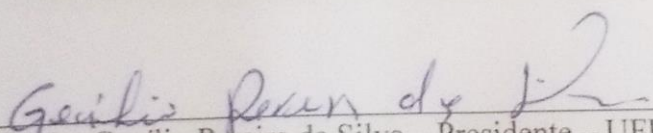
MATRÍCULA: 2015001464

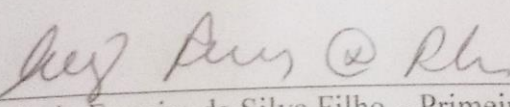
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Engenharia Química

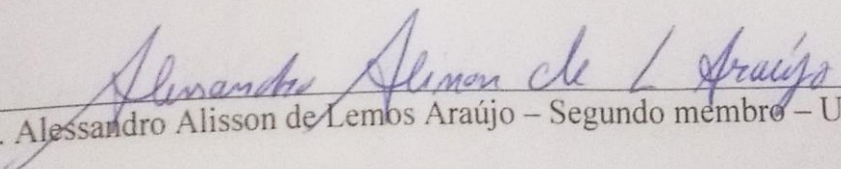
ORGANIZAÇÃO CONCEDENTE: UFERSA

Aprovado em: 19 de maio de 2017

Assinatura dos membros da Banca Examinadora.


Prof. Dr. Gecilio Pereira da Silva – Presidente – UFERSA


Prof. Dr. Luiz Ferreira da Silva Filho – Primeiro membro – UFERSA


Prof. Dr. Alessandro Alisson de Lemos Araújo – Segundo membro – UFERSA

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me ajudado em toda esta minha caminhada rumo a minha formação, sem ele não teria conseguido chegar até onde cheguei.

Agradeço ao meu pai Antônio Lucas dos Santos por todo apoio, incentivo, força para não desistir, me dando ótimos conselhos, um pai exemplar, me guiando sempre no caminho certo. E à minha mãe, Maria do Socorro Silva do Nascimento Santos, por sempre confiar em mim, me dando conselhos, me ajudando nas horas difíceis com todo esse carinho e atenção que só uma mãe tem para seu filho, obrigado.

A meu orientador Dr. Gecílio Pereira da Silva um ótimo profissional, responsável, dedicado que com toda sua experiência me ajudou a traçar um rumo, sou grato por ter me dado a oportunidade de acompanhar e fazer parte de seus trabalhos, pela confiança que você depositou em mim, te admiro muito, obrigado.

A minha namorada Laécia Peixoto Costa, por toda paciência, carinho, amor que você vem me dedicando todos esses anos. Seus conselhos me ajudaram nas horas mais difíceis, e sempre que precisei, você estava ali me dando todo o apoio do mundo, te amo Laécia Costa.

A todos os meus amigos que fazem parte dessa grande caminhada, em especial a Fernanda Patrícia, Ingrid Azevedo e Ricardo Cunha, companheiros de pesquisa e que me ajudaram muito em todas as etapas desse trabalho. A Camila Senna, Luiz Paulo, Claudia, Alisson Freire, Dany e Segundo por toda a ajuda nos estudos, por serem amigos para todas as horas, convivendo e aguentando minhas teimosias, obrigado!

A Mario Jorge e Crisanto Prado da empresa CARBOMIL QUIMICA S/A por terem me dado a oportunidade de estagia na empresa, foi um período de grande aprendizado e de engrandecimento profissional, muito obrigado.

A todos os professores que contribuíram para minha formação acadêmica, aprendi muito com todos, levo um pouco do conhecimento de cada um deles comigo.

RESUMO

Este relatório abordará as atividades desenvolvidas durante o estágio supervisionado na empresa CARBOMIL QUÍMICA S/A situada em Limoeiro do Norte – CE. Foi visto toda parte de extração, processamento, análises e qualidade dos produtos derivados do calcário também as funções exercidas pela profissão de engenheira química dentro da empresa.

Palavras chaves: Análises, Calcário, Processos, Qualidade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ilustração da rocha calcária.....	14
Figura 2 – Óxido de cálcio	15
Figura 3 - Conjunto equipamento de peneiramento mais coluna de peneiras.	28
Figura 4 – Histograma granulométrico de produtos finos.	29
Figura 5 – Exemplo do conjunto cadinho mais bico de Bunsen, procedimento de determinação de resíduos insolúveis e sílica.....	34
Figura 6 – Aparato para análise de reatividade.	39
Figura 7 – Fluxograma do processo de produção do óxido de cálcio na empresa CARBOMIL QUÍMICA S.A	42
Figura 8 - Fornos de calcinação AZBY da empresa CARBOMIL.....	43
Figura 9 - Calcário sendo calcinado na zona de queima do forno AZBE	44
Figura 10 – Controle de processo de carga e descarga dos fornos de calcinação	45
Figura 11 – Gráfico de controle da pressão na zona de queima	45
Figura 12 – Controle de processo do gasogênio.....	46
Figura 13 – Esquema de produção do hidróxido de cálcio.....	47
Figura 14 - Fluxograma do processo de moagem do calcário na empresa CARBOMIL QUÍMICA S.A.	49
Figura 15 – Esquema do processo dos moinhos.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características físicas e químicas da cal.....	16
Tabela 2 – Características físicas e químicas da cal hidratada.	17
Tabela 3 – Produção Mundial.....	19
Tabela 4 – Produtos derivados do óxido de cálcio.	21
Tabela 5 – Produtos derivados do Carbonato de Cálcio.....	22
Tabela 6 – Especificações granulométricas dos produtos derivados do oxido de cálcio/hidróxido de cálcio.....	25
Tabela 7 – Especificações granulométricas dos produtos derivados do carbonato de cálcio...	25
Tabela 8 – Análises químicas realizadas no laboratório da empresa CARBOMIL QUÍMICA S.A.	30
Tabela 9– Composição química dos produtos derivados do óxido de cálcio.....	31
Tabela 10 – Composição química dos produtos derivados do carbonato de cálcio.	32
Tabela 11 - Análises físicas no laboratório da empresa CARBOMIL QUÍMICA S.A.	40

LISTA DE SIMBOLOS

Kg – Quilograma

m³ - Metros cúbicos

% - Porcentagem

g – Grama

mol – Mol

cal – Calorias

°C – Graus Celsius

(v/v) – Volume/Volume

Si – Sílica

RI – Resíduos insolúveis

mL- Mililitro

s – Segundo

N – Normal

EPIs – Equipamento de Segurança Individual

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS.....	13
2.1. Objetivos específicos.....	13
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
3.1. Rochas carbonatadas.....	14
3.2. Oxido de cálcio.....	15
3.3. Cal hidratada.....	16
3.4. Mercado.....	18
3.4.1. Calcário/Carbonato de cálcio.....	18
3.4.2. Óxido de cálcio/Hidróxido de cálcio.....	18
3.5. Empresa.....	19
3.5.1. Historia.....	20
3.5.2. Produtos.....	20
4. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS.....	22
4.1. Laboratório.....	23
4.1.1 Coleta e preparação de amostras.....	23
4.1.2. Análises.....	24
4.1.2.1. Granulometria em peneiras e a laser, metodologia para análises em diversas granulometrias.....	24
4.1.2.2. Analises em peneiras.....	27
4.1.2.3. Análises Químicas.....	29
4.1.2.3. Analises físicas.....	39
4.2. Operações em Fornos e Hidratação.....	42
4.2.1. Processo produtivo do oxido de cálcio.....	42
4.2.1. Visão geral de funcionamento do forno AZBY.....	43
4.2.3. Variáveis de controle.....	44
4.2.4. Gasogênio, produção de gás para forno e variáveis de controle.....	46

4.2.5. Manuseio e armazenagem do óxido de cálcio.	47
4.3. Processo de fabricação de Hidróxido de cálcio. Manuseio e armazenagem.	47
4.3.1. Sistema da Qualidade dos processos de fabricação de óxido de cálcio e hidróxido de cálcio.....	48
4.4. Processo de produção de produtos moídos e variáveis de controle.....	48
4.4.1. Sistema de Qualidade do processo de moagem.....	51
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
6. REFERÊNCIAS	44

1. INTRODUÇÃO

O território Brasileiro possui uma grande diversidade geológica e diversas jazidas minerais de onde são extraídas as matérias primas para as várias áreas industriais. Dentre estas rochas e minerais o calcário e a dolomita são as rochas carbonatadas mais comercializadas em todo mundo (SAMPAIO, João Alves et al., 2005).

Segundo dados do Sumário Mineral DNPM, no ano de 2008 a produção brasileira de calcário e seus derivados, foi de 114 milhões de toneladas onde cerca de 74 milhões de toneladas foram destinadas à indústria cimenteira, 23 milhões de toneladas destinados à produção de calcário agrícola, 12 milhões de toneladas destinadas à produção de cal e o restante aos demais setores da indústria.

O calcário é uma rocha sedimentar composta basicamente por carbonato de cálcio (CaCO_3), este apresenta alto valor econômico quando é comparado com as demais rochas carbonatadas como a dolomita, mármore, greda ou giz. O calcário é encontrado extensivamente em todos os continentes sendo extraído de pedreiras ou depósitos. As reservas de rochas carbonatadas são grandes e intermináveis, porém sua ocorrência com elevada pureza corresponde menos que 10% das reservas de carbonatos em todo mundo. (KARMANN, I. S. L. et al. 1979).

O carbonato de cálcio é usado na indústria de tintas para aumentar o poder de cobertura e o brilho, é utilizado na fabricação da borracha como um pigmento branco, na fabricação do plástico por proporcionar um alto brilho. Também pode ser utilizado como agente de polimento do creme dental, como fonte de cálcio e agente antiácido na indústria alimentícia e farmacêutica. Melhora a qualidade do sabonete e sabão proporcionando uma maior cremosidade e maior retenção da umidade, e ainda é muito utilizado na indústria do papel, uma vez que melhora a opacidade, aumenta as propriedades óticas, o brilho e melhora a qualidade de impressão. (OLIVEIRA, 2005).

Com o intuito de se obter o carbonato de cálcio e seus derivados com alto padrão de qualidade, faz-se necessário o acompanhamento e conhecimento do processo, desde a extração até o produto final.

2. OBJETIVOS

Este relatório tem como objetivo descrever as atividades realizadas durante o Estágio Supervisionado realizado na empresa CARBOMIL QUÍMICA S.A, localizada em Limoeiro do Norte - CE. As atividades foram exercidas no período de 20 de fevereiro de 2017 a 20 de maio de 2017. Teve como alvo, aplicar os conceitos teóricos aprendidos, praticar atividades atribuídas a profissão de engenheiro químico e descrever o processo produtivo, desde a extração, processamento, análises e expedição do carbonato de cálcio, hidróxido de cálcio e óxido de cálcio produzidos pela empresa CARBOMIL.

2.1. Objetivos específicos

- ✓ Realizar Análises de Laboratório;
- ✓ Visão geral das operações em fornos de calcinação e hidratação;
- ✓ Acompanhamento no setor extração, moagem e separação dos produtos;
- ✓ Sistema de qualidade;

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Rochas carbonatadas

Os carbonatos são rochas sedimentares, de origem clástico, química ou bioquímica, composta principalmente por Calcita (CaCO_3), Dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) e Aragonita (CaCO_3), além de minerais secundários como anidrita, gesso, siderita, quartzo, argilominerais, pirita, óxidos e sulfatos (TERRA, G. J. S. et al. 2010). Estas rochas são depositadas naturalmente em ambientes marinhos ou continentais de águas claras, cálidas e rasas, também podem se formar pela erosão ou lixiviação e posterior transporte do material carbonático de zonas dissolução a zonas de precipitação que leva à sedimentação destas rochas em camadas paralelas e horizontais. (KARMANN, I. S. L. et al. 1979).

Figura 1 - Ilustração da rocha calcária.



Fonte: Site da CARBOMIL.

As múltiplas aplicações do calcário são pelas suas propriedades físicas e químicas, destacam-se as utilizações como agregado, pedra ornamental, pedra de construção, meio filtrante, refratário, pigmento de tintas, carga fundente de fornos da metalurgia dos não-ferrosos e do ferro, pó de mineração, misturas asfálticas, corretivo de acidez do solo, nas indústrias de vidro, cerâmica, lã mineral, ração animal, cimento portland, cimento de alvenaria e cal. (ANUÁRIO MINERAL BRASILEIRO -2008).

3.2. Óxido de cálcio

A cal virgem ou óxido de cálcio é o produto que resulta da calcinação do calcário, a reação química é:

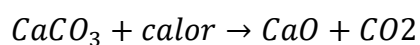


Figura 2 – Óxido de cálcio



Fonte: Site da CARBOMIL.

Quando provém de rochas carbonatadas puras, a cal virgem é um produto inorgânico, apresenta coloração branca ou creme de odor equivalente ao terroso. Estrutura cristalina cúbica, com lados de 4,797 ângstrons e cristais isolados observados somente por microscopia. (NATIONAL LIME ASSOCIATION, 1957). A Tabela 1 mostra as características físicas e químicas da cal.

Tabela 1 – Características físicas e químicas da cal.

Característica	CaO
Peso específico	3,2 a 3,4
Densidade Aparente	881 a 963 Kg/m ³
Ângulo de Repouso	55°
Calcio Presente	71,47%
Peso molecular	56 g/mol
Dureza	2 – 4 MOHS
Ponto de Fusão	2570°C
Calor de Formação	151900 cal/mol
Neutralização para 100g de H₂SO₄	5,7g
Porosidade	18 a 48 (média)

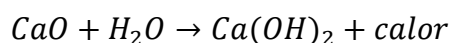
Fonte: FONTE: GUIMARÃES, 1998.

A cal pode ser classificada, conforme o óxido predominante, assim temos:

- ✓ Cal virgem cálcica – com óxido de cálcio entre 100% e 90% do óxido total presente;
- ✓ Cal virgem magnesiana – com óxido de cálcio entre 90% e 65% do óxido total presente;
- ✓ Cal virgem dolomítica – com óxido de cálcio entre 65% e 58% do óxido total presente.

3.3. Cal hidratada

A cal hidratada ou hidróxido de cálcio é um produto derivado da cal, é produzido por processo de hidratação e dependendo do volume de água utilizada para a reação, o produto final pode ser seco ou com aspectos de lama. A cal hidratada possui uma composição química variada, de acordo com as características da cal virgem que lhe dá origem (SOARES, BRUNO DANIEL et al. 2005). No caso da cal cálcica, a reação se processa da seguinte forma:



No primeiro contato com a água, a cal virgem implode e em torno de seu grão, formando uma solução supersaturada. Neste momento há formação de íons Ca^{2+} e OH^- , em proporção determinada pela estrutura cristalina no óxido e pela temperatura. Com um número suficiente de íons, começa a cristalização do hidróxido de cálcio. Para hidratar completamente a cal virgem, considerando que não haja impurezas são necessários 32,1% de água. Porém na indústria água para hidratar cal virgem, pode variar com as características físicas, químicas e mineralógicas como também o método e o hidratador empregados (COELHO, ANA ZULMIRA; TORGAL, 2009). Em resumo, como ainda resta considerar as perdas por umidade e evaporação, proveniente do calor de hidratação somente a experiência determina o volume adequado. A Tabela 2 mostra as características físicas e químicas da cal hidratada.

Tabela 2 – Características físicas e químicas da cal hidratada.

Característica	Ca(OH)₂
Peso específico	2,3 a 2,9 g/cm ³
Densidade Aparente	400 a 640 Kg/m ³
Ângulo de Repouso	70°
Calcio Presente	71,47%
Peso molecular	56 g/mol
Dureza	2 – 4 MOHS
Ponto de Fusão	2570°C
Calor de Formação	151900 cal/mol
Neutralização para 100g de H₂SO₄	5,7g
Porosidade	-

Fonte: FONTE: GUIMARÃES, 1998.

3.4. Mercado

3.4.1. Calcário/Carbonato de cálcio

As reservas de calcários são disseminadas pela maior parte dos continentes. Os maiores produtores mundiais de calcário em 2014 foram: China, Índia, Estados Unidos, Iran, Turquia e Brasil.

No Brasil a produção está relativamente bem distribuída nos estados e como em muitos países, representam centenas de anos de produção nos níveis atuais. Os estados que mais se destacam no contexto brasileiro são: Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Paraná e Goiás, que juntos detêm quase 60% das reservas medidas de calcário do país, além de Mato Grosso, Bahia e Ceará (PARAHYBA, RICARDO EUDES, 2008).

Os dados sobre a produção brasileira de calcário foram obtidos através das informações prestadas nos Relatórios Anuais de Lavra - RAL's apresentados anualmente ao Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM.

A produção nacional de calcário em 2014, quando comparado a 2013, mostrou um crescimento de 2,74%, enquanto a safra brasileira de grãos cresceu 3,6% no mesmo período, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. A estrutura da produção foi ligeiramente alterada em relação ao ano de 2013, apontando, ainda, o Centro-Oeste como a região de maior produção, com 38,1%, seguida, agora, do Sudeste com 25,9%, Sul com 23,8%, Norte com 7,5% e o Nordeste com 4,7%. Em 2014, os principais Estados produtores, responsáveis por cerca de 85% da produção nacional, foram: Mato Grosso, com 20,0%, Minas Gerais, 15,5%, Paraná, 13,8%, Goiás, 11,2%, São Paulo, 9,6%, Rio Grande do Sul, 8,4%, e Tocantins, 7,4% (SUMÁRIO MINERAL, 2016).

3.4.2. Óxido de cálcio/Hidróxido de cálcio.

A cal virgem e a cal hidratada são os tipos mais comuns de cal, do ponto de vista comercial, dados a respeito da produção mundial de cal indicam que a produção de 2014 permaneceu inalterada em relação ao ano de 2013. A China continua dominando a produção mundial do produto, com uma participação de 65,7%. O restante da produção mundial está disseminado em mais de 20 países. A produção de cal do Brasil corresponde a 2,3% da produção

mundial, ocupando a quinta posição no ranking dos países produtores, a Tabela 3 mostra dados de produção mundial dos anos de 2013 e 2014. (SUMÁRIO MINERAL, 2016).

Tabela 3 – Produção Mundial.

Produção 1000(t)			
Países	2013	2014	%
Brasil	8400	8100	2,4
China	230000	230000	69,23
Estados Unidos	19200	19000	5,7
Índia	16000	16000	4,8
Rússia	10800	11000	3,3
Japão	7600	7600	2,3
Alemanha	6700	6800	2,0
Itália	6200	6300	1,9
Turquia	4500	4500	1,4
França	3900	4000	1,2
Ucrânia	4200	3600	1,1
Outros países	14100	15000	4,5

Fonte: Sumário Mineral 2015.

3.5. Empresa

A CARBOMIL QUÍMICA S.A é uma empresa de mineração localizada no município de Limoeiro do Norte – CE, desde o início de suas atividades o Grupo Carbomil S/A vem atuando como fornecedora de carbonato de cálcio cretáceo, hidróxido de cálcio e óxido de cálcio, para indústrias de diversos ramos. Hoje é um dos maiores grupos de extrativismo mineral

do Brasil e sua marca está consolidada tanto nacionalmente como na América Latina. (SITE DA EMPRESA CARBOMIL).

3.5.1. Historia

Em 1960, nasce uma empresa de mineração no Ceará, cujos fundadores, Luciano Héber Quinderé e seus irmãos, a denominaram de Quinderé Mineração e Indústria S.A. Com o propósito de explorar as diversas fontes de recursos minerais no estado do Ceará, a empreitada era encarada como uma opção para o desenvolvimento no setor mineral, já que o estado localizado no semi-árido ainda tinha oportunidades econômicas escassas. Em 1973, sob a presidência de D. Maria de Lourdes da Silveira Quinderé, passa a denominação de Carbomil S.A. Mineração e Indústria. Preparando-se para o seu jubileu de esmeralda, comemorando 55 anos de atuação no mercado brasileiro, a Carbomil manteve o investimento na modernidade tecnológica que a consagrou como pioneira na produção dos melhores carbonatos de cálcio do Brasil. (SITE DA EMPRESA CARBOMIL).

3.5.2. Produtos

A CARBOMIL extrai, processa e comercializa produtos derivados do calcário que são: Carbonato de Cálcio, Óxido de Cálcio e Hidróxido de cálcio. Estes são vendidos de acordo com sua granulometria, a Tabela 4 e a Tabela 5 mostram todos os produtos produzidos.

Tabela 4 – Produtos derivados do óxido de cálcio.

ÓXIDO DE CÁLCIO/HIDRÓXIDO DE CÁLCIO
Cal Virgem Britada 1".
Cal Virgem Britada 2".
Cal Virgem Micro Pulverizada.
Cal Virgem Micro Pulverizada.
Óxido de Cálcio Micronizado OCM.
Óxido de Cálcio Super Micronizado OSM.
Secmil 500 (Aditivo dessecante)
Secmil 635 (Aditivo dessecante)
Hidróxido de cálcio CHI
Hidróxido de cálcio CHII

Tabela 5 – Produtos derivados do Carbonato de Cálcio.

CARBONATOS DE CÁLCIO
Brita 1, 5/8”
C-50F
CCN
C-500P
M-2620 CMT
M-2620 G
M-2620 GB
C-700B
M-2620 MB Médio
M-2620P
M-2620 MB
M-2620 MBM
Microfluid 1.5

4. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

As atividades do estágio supervisionado foram realizadas na empresa CARBOMIL Química S.A. durante o período de 20 de fevereiro a 20 de maio de 2017, seguindo o cronograma proposto pelo Eng. Químico responsável. Segundo o cronograma foi bordado uma visão geral da empresa e de todos os processos. Teve início no laboratório de análises químicas, onde foi visto todo o procedimento para análises da matéria prima e produtos acabados. Em seguida uma visão geral dos fornos de calcinação onde se produz o óxido de cálcio e o processo de hidratação para produção do hidróxido de cálcio, foi visto também os processos de moagem

e separação do carbonato de cálcio, matéria prima (minas) e logística de expedição de produtos acabados.

4.1. Laboratório

O laboratório de análises químicas da CARBOMIL QUÍMICA é regido por normas aprovadas pelo Eng. Químico responsável junto com o gerente de qualidade, seguido a rigor para obtenção de análises precisas e dentro das normas técnicas. As análises dos produtos são geridas pela norma ABNT, nesta consta os métodos para realização das análises químicas e físicas dos produtos listados na da Tabela 4 e 5.

4.1.1 Coleta e preparação de amostras

As amostras são coletadas em campo e levadas para serem analisadas no laboratório, estas são coletadas em cada setor e preparadas no laboratório

➤ Setor das minas:

As amostras das minas são coletadas nas bancadas de extração, são feitas duas coletas, uma antes de ser extraída e outra após ser extraída. As amostras chegam no laboratório em forma de brita, no laboratório são processadas em um moinho e feita uma separação em uma peneira de 100 mesh para então ser feita as análises.

➤ Setor de calcinação:

As amostras dos fornos são coletadas a cada 4 horas para verificação do processo, são preparados dois tipos de amostras para o óxido de cálcio que sai dos fornos, a preparação destas tem início com uma triagem aleatória das pedras, em seguida são passadas por um moinho martelo, a pedra moída passa por uma peneira de 3/8" mesh afim de se obter amostras com tamanho de aproximadamente 2 milímetros, uma partes destas é utilizada para análises de reatividade, o restantes destas pedras são passadas em um moinho de disco e separados em uma peneira de 100 mesh para as demais análises.

➤ **Setor de moagem do carbonato de cálcio:**

As amostras que vão para do setor de moagem e micronização são coletadas antes de iniciarem o processo, e passam pelo mesmo procedimento do setor da mina.

➤ **Produtos em processos e produtos acabados em embalagem de 20,0Kg 25,0Kg e em big-bag.**

Os produtos em processo são analisados a cada 1500 Kg (palete) aproximadamente, as amostras são coletadas em campo e levadas para o laboratório, estas amostras já estão prontas para serem analisadas, não é necessária preparação para as mesmas. Os produtos embalados também são analisados antes de saírem para o consumidor, é feita uma amostragem coletando amostras a cada 3 sacos em estoque por lote. Os produtos a granel são analisados antes de serem expedidos, as amostras são coletadas após carregados nos transportes.

4.1.2. Análises

Após a coleta e preparação das amostras são realizadas as análises químicas, físicas e granulométricas dos produtos. As análises seguem as especificações da norma ABNT e do manual do laboratório.

4.1.2.1. Granulometria em peneiras e a laser, metodologia para análises em diversas granulometrias.

As análises granulométricas são feitas afim de verificar se os produtos estão dentro das especificações e para testes nos moinhos, super-moinhos e micronizadores. As análises em peneiras são feitas em todos os produtos moídos, seguindo a norma ABNT.

São feitos dois tipos de análises granulométricas, utilizando peneiras que tem como finalidade o material que ficou retido e a análise utilizando o equipamento de raio-X para determinar o tamanho médio da partícula. A Tabela 6 e 7 mostra as especificações granulométricas dos produtos produzidos na CARRBOMIL QUÍMICA.

Tabela 6 – Especificações granulométricas dos produtos derivados do óxido de cálcio/hidróxido de cálcio.

Produtos	#1"≤	#2"≤	#10mm≤	#40mm≤	#100≤	#400≤	#500≤	#635≤	D50	D98
Cal Virgem Britada 1".	0,0									
Cal Virgem Britada 2".		0,0	65,0	0,0						
Cal Virgem Micro Pulverizada.			1,0							
Óxido de Cálcio Micronizado OCM.						0,05	0,5		8,0 - 10	32,0
Óxido de Cálcio Super Micronizado OSM.							0,01	0,50		
Secmil 500.						0,05	0,5			
Secmil 635.							0,01	0,5		

Fonte: Dados da empresa CARBOMIL QUÍMICA S/A.

Tabela 7 – Especificações granulométricas dos produtos derivados do carbonato de cálcio.

Produtos	1.1/4" (%)	1/2" (%)	1/4" (%)	325 mesh (%)	400 mesh (%)	500 mesh (%)	635 mesh (%)	d(50%) u	d(98%) u
Brita 1, 5/8"	0	45	70						
C-50F				1,00					
CCN									
C-500P				0,50				4,5 – 5,5	42
M-2620 CMT				0,10				12 – 15	45
M-2620 G					0,02			3,5 -4,5	22
M-2620 GB					0,02			3,5 -4,5	22
C-700B					0,02			2,5 – 3,5	20
M-2620 MB Médio					0,01			2,5 – 3,5	20
M-2620P						0,05		2,5 – 3,5	20
M-2620 MB						0,05		2,5 - 3	15
M-2620 MBM					0,05		2,4 – 2,6		12
Microfluid 1.5							0,02	1,4 – 1,6	5,5

4.1.2.2. Análises em peneiras

No peneiramento existe uma separação segundo o tamanho geométrico das partículas, podem ser feitas de duas formas, em via úmida e em via seca.

➤ **Via úmida.**

A classificação a úmido é aplicada, habitualmente, para partículas com granulometria muito fina, onde o peneiramento em via seca não funciona de forma eficiente.

- Procedimento de peneiras em via húmida para os produtos moídos.
- Pesar 100g da amostra;
- Diluir a amostra em aproximadamente 500mL de água;
- Utilizar a peneira de acordo com o produto que se deseja analisar;
- Transferir a solução para a peneira;
- Se o produto tiver estearina, utilizar álcool para diluí-la;
- Utilizar uma escova de cerdas finas passar levemente sobre a peneira adicionando água para aumentar a eficiência;
- O material retido deve ser seco em estufa;
- Após seco é pesado em balança analítica

O material retido deve estar nas especificações do produto analisado;

➤ **Via seca**

As análises granulométricas em via seca são feitas para os produtos com maior diâmetro de partícula. As peneiras são padronizadas para encaixarem umas nas outras, formando uma coluna de peneiração. Na base encaixa-se uma peneira cega destinada a receber as partículas menores que atravessaram toda a coluna sem serem retidos em nenhuma das peneiras. As peneiras são agitadas mecanicamente e o material retido em cada peneira é pesado e avaliado se estão dentro das especificações.

Procedimento de peneiras em via seca para os produtos moídos.

- Secar a amostra em estufa;
- Pesar 100g da amostra a ser analisada;

- Montar a coluna de peneiramento utilizando peneiras de várias aberturas, de acordo com as especificações do produto a ser analisado;
- Encaixar a coluna de peneiramento no equipamento de agitação, ajustar velocidade de peneiramento e o tempo de análise;
- Pesar as amostras retidas em cada peneira;
- Verificar se estão dentro das especificações;

Figura 3 - Conjunto equipamento de peneiramento mais coluna de peneiras.

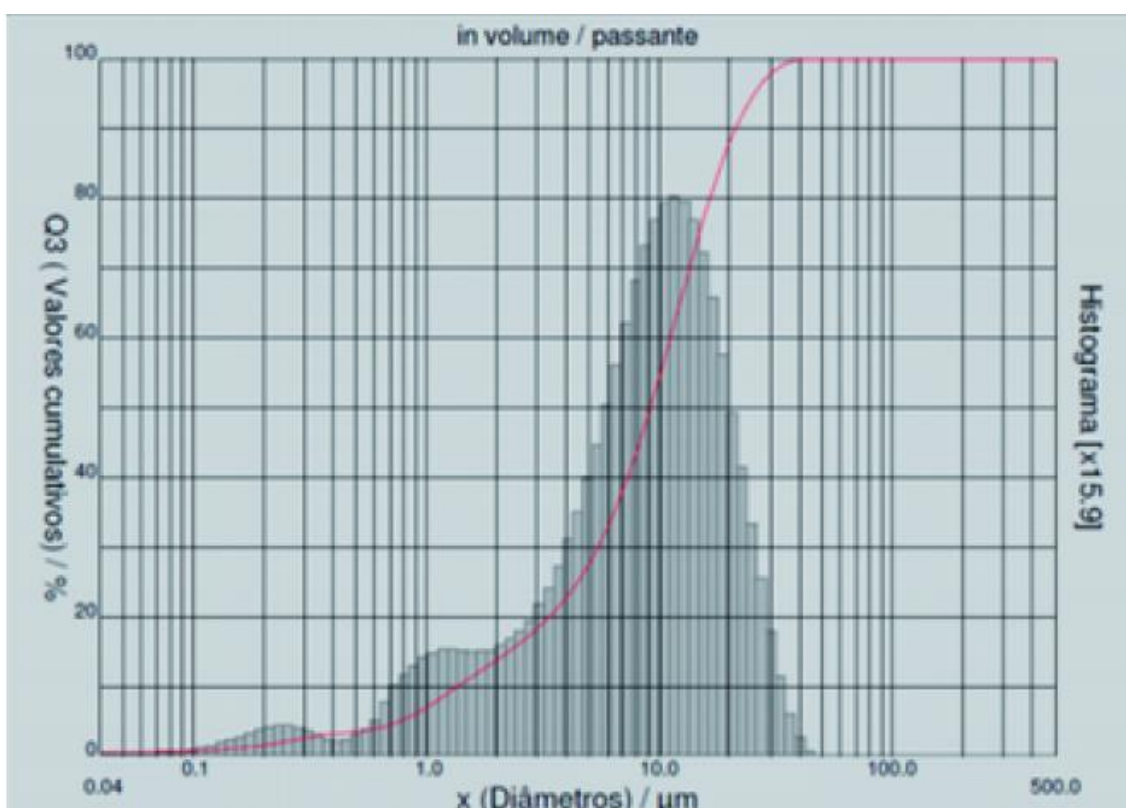


Fonte: Imagem do Google.

➤ Análise granulométrica a laser

A difração laser mede as distribuições de tamanho das partículas por medição da variação angular na intensidade da luz difundida à medida que um feixe de laser interage com as partículas dispersas da amostra. Partículas grandes dispersam a luz em pequenos ângulos em relação ao feixe de laser e partículas pequenas dispersam a luz em ângulos grandes, como ilustrado abaixo. O tamanho das partículas é indicado como o diâmetro de uma esfera de volume equivalente. A Figura 4 mostra o gráfico gerado pelo equipamento.

Figura 4 – Histograma granulométrico de produtos finos.



Fonte: CARBOMIL QUÍMICA.

4.1.2.3. Análises Químicas

As análises químicas são realizadas afim de determinar a composição química de todos os elementos dos carbonatos e seus produtos, a Tabela 7 mostra as análises químicas realizadas no laboratório e as Tabelas 8 e 9 as composições químicas dos produtos da empresa CARBOMIL QUÍMICA.

Tabela 8 – Análises químicas realizadas no laboratório da empresa CARBOMIL QUÍMICA S.A.

Análises Químicas
Determinação de Resíduos insolúveis (RI)
Determinação de sílica
Determinação de óxido de ferro
Determinação de óxido de alumínio
Determinação de óxido de cálcio
Determinação de óxido de magnésio
Determinação de óxido e hidróxido de cálcio disponível para reação
Reatividade
Perda por calcinação

Tabela 9– Composição química dos produtos derivados do óxido de cálcio.

Produtos	PPC	CaO	CaOd	MgO ≤	RI ≤	SiO ≤	SiO2 ≤	R2O3
	≤	≥	≥					≤
Cal Virgem Britada 1".	5,0%	90,0%	87,5%	5,0%	-	2,5%	-	-
Cal Virgem Britada 2".	4,0%	90,0%	87,5%	4,0%	0,5%	-	0,3%	1,5%
Cal Virgem Micro Pulverizada.	3,5%	90,0%	89,0%	3,0%				
Óxido de Cálcio Micronizado OCM.	2,5%	92,0%	90,5%	3,0%	0,5%	-	0,3%	1,5%
Óxido de Cálcio Super Micronizado OSM.	2,5%	92,0%	90,5%	3,5%	0,5%		0,3%	
Secmil 500.	2,5%	92,0%	90,5%	3,0%	0,5%		0,3%	1,5%
Secmil 635.	2,5%	90,5%	92,0%	3,0%	0,5%		0,3%	1,5%

Tabela 10 – Composição química dos produtos derivados do carbonato de cálcio.

Produtos	PPC	RI ≤	CaCO₃ ≥	MgCO₃ ≤	R₂O₃ ≤	SiO₂ ≤
Brita 1, 5/8"	42,5 - 45	1,0	94,5	2,1	2,0	1,5
C-50F	42,5 – 45	1,5	94	3,1	1,5	0,4
CCN	42,5 – 45	1,5	90	3,2	0,8	0,4
C-500P	42,5 – 45	1	94	3,1	0,5	0,4
M-2620 CMT	42,5 – 45	1	94	3,1	0,5	0,4
M-2620 G	42,5 – 45	1	96	2,1	0,5	0,3
M-2620 GB	42,5 – 45	0,8	96,6	1,5	0,5	0,3
C-700B	42,5 – 45	1	96	2,1	0,5	0,3
M-2620 MB	42,5 – 45	0,7	96,6	1,5	0,5	0,3
Médio						
M-2620P	42,5 – 45	1	96,6	1,7	0,5	0,3
M-2620 MB	42,5 – 45	0,7	96,6	1,5	0,5	0,3
M-2620 MBM	42,5 – 45	0,7	96,6	1,5	0,5	0,3
Microfluid 1.5	42,5 – 45	0,7	96,6	1,5	0,5	0,2

➤ **Determinação de Resíduos insolúveis (RI) e Sílica (SI).**

Esta análise tem como objetivo avaliar a quantidade de resíduos insolúveis nos produtos e matéria prima, no meio de ácido clorídrico a 50%(v/v) e verificar se estão dentro das normas técnicas. Após a amostra coletada e processada como foi vista no tópico 4.1.1:

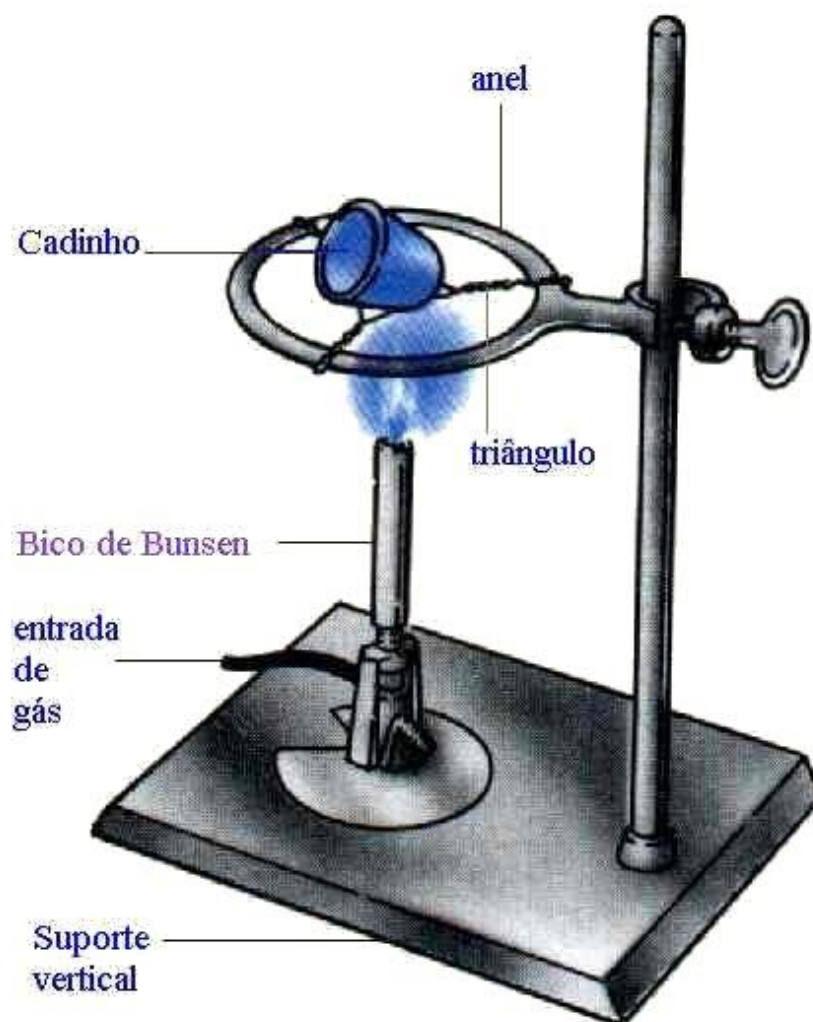
- Pesar aproximadamente 0,7 g de amostra e transferir para um béquer de 250ml e umedecer.
- Adicionar, aos poucos, aproximadamente 10ml de ácido clorídrico a 50%(v.v) e agitar para desfazer os grumos.

- Cobrir o béquer com um vidro de relógio e levar o conjunto a uma chapa aquecedora até a ebulição.
- Retirar o conjunto e deixar em repouso até atingir a temperatura ambiente.
- Adicionar mais 10mL de ácido clorídrico a 50%(v.v) e aproximadamente 10 gotas de ácido nítrico, levar para a chapa aquecedora mais uma vez até a ebulição;
- Retirar o béquer e filtrar a solução a quente em papel de filtração médio, recolhendo o filtrado em um balão;
- Deixar esfriar o filtrado até a temperatura ambiente, completar o volume do balão com água até a marca de 250 ml e homogeneizar. Reservar o filtrado para as determinações posteriores (CaO, MgO, Fe₂O₃ e Al₂O₃);
- Retirar o papel de filtro contendo o precipitado (sílica mais resíduo insolúvel), dobrar cuidadosamente e transferir para um cadinho de platina previamente limpo;
- Levar o conjunto ao bico de gás até carbonizar o papel sem inflamar, em seguida, calcinar em forno-mufla a 1000 °C, durante 20min;
- Deixar esfriar o cadinho em dessecador e determinar a massa;
- O teor de sílica mais resíduo insolúvel (SiO₂ + RI) é calculado com aproximação de 0,01% pela equação:

$$RI + Si = \frac{(Massa\ do\ cadinho\ com\ o\ resíduo\ calcinado - Massa\ do\ Cadinho)}{Massa\ Inicial\ da\ amostra\ (0,7g)}$$

O resultado deve estar dentro das especificações do produto listados nas Tabelas 9 e 10.

Figura 5 – Exemplo do conjunto cadinho mais bico de Bunsen, procedimento de determinação de resíduos insolúveis e sílica.



Fonte: Imagem do Google.

➤ **Determinação de óxido de ferro**

Esta análise tem como objetivo avaliar a quantidade de óxido de ferro nos produtos e matéria prima, é uma continuação da análise de determinação da Si e RI. É realizada por análise de complexometria com EDTA.

- Pipetar 50ml do filtrado obtido na separação da sílica + RI e transferir para um béquer de 250mL;
- Adicionar ao filtrado 100mL de água destilada;
- Sob agitação constante, adicionar solução de acetato de amônio 50% (v/v) , gota a gota até ajustar o pH em 2,0 a 2,5 com auxílio de um peagômetro;
- Adicionar 15 gotas da solução indicadora para o ferro e titular muito lentamente (uma gota em aproximadamente 20s), a temperatura ambiente, com EDTA 0,025 M;
- A viragem é de vermelho para amarelo-pálido, podendo ser incolor para baixas concentrações;
- Anotar o volume gasto;
- O teor de óxido férrico (Fe₂O₃) é calculado com aproximação de 0,01% pela equação:

Teor de óxido de férrico

$$= \frac{0,9980762 * \text{Volume gasto de EDTA} * \text{Fator de correção da solução}}{\text{Massa Inicial da Amostra}}$$

O resultado deve estar dentro das especificações do produto listados nas tabelas a cima.

➤ **Determinação de óxido de alumínio**

Esta análise tem como objetivo avaliar a quantidade de óxido de alumínio nos produtos e matéria prima, é uma continuação da análise de determinação da Si e RI. Também é realizada por análise de complexometria com EDTA.

- Pipetar 50mL do filtrado obtido na separação da sílica + RI e transferir para um béquer de 250mL;
- Adicionar ao filtrado 100 mL de água;
- Adicionar solução de acetato de amônio 50%, gota a gota, ajustar o pH para a faixa de 3,0 a 3,5, com auxílio do peagômetro;
- Adicionar aproximadamente 3 gotas de complexo de cobre e 10 gotas de solução indicadora para o alumínio.
- Aquecer a solução em chapa elétrica ou similar até início da ebulição e titular lentamente à quente (aproximadamente 90°C), com EDTA 0,025 M, até atingir a viragem permanente do vermelho (rosa) para amarelo-ouro, após cerca de 30 s. Retornar à chapa elétrica para confirmação da viragem. Caso não tenha fixado a viragem continuar a titulação até a sua fixação. Anotar o volume gasto.

- O teor de óxido de alumínio (Al_2O_3) é calculado com aproximação de 0,01% pela equação:

Teor de óxido de alumínio

$$= \frac{\text{Volume gasto de EDTA} * \text{Fator de correção da solução} * 0,63725745}{\text{Massa inicial da amostra}}$$

O resultado deve estar dentro das especificações do produto.

➤ **Determinação de óxido de cálcio**

Esta análise tem como objetivo avaliar a quantidade de óxido de cálcio nos produtos e matéria prima, é uma continuação da análise de determinação da Si e RI. Também é realizada por análise de complexometria com EDTA.

- Pipetar 10mL do filtrado obtido na determinação da sílica e transferir para um béquer de 250mL.
- Adicionar aproximadamente 100mL de água, e sob agitação constante, adicionar 10mL de solução de trietanolamina a 30%, para eliminar a ação do ferro e do alumínio sobre o cálcio.
- Elevar o pH da solução para faixa de 12,5 a 12,9, com auxílio do peagômetro, adicionando a solução de hidróxido de potássio a 20%, gota a gota.
- Adicionar um dos indicadores a solução de EDTA 0,025 M. A viragem¹²), para coloração final deve permanecer estável por aproximadamente 30 s, anotar o volume gasto.
- O teor do óxido de cálcio (CaO), é calculado com aproximação de 0,1% pela equação:

Teor de óxido de cálcio

$$= \frac{\text{Volume gasto de EDTA} * \text{Fator de correção da solução} * 3,50483725}{\text{Massa inicial da amostra}}$$

O resultado deve estar dentro das especificações do produto

➤ **Determinação de óxido de magnésio**

Esta análise tem como objetivo avaliar a quantidade de óxido de magnésio nos produtos e matéria prima, é uma continuação da análise de determinação da Si e RI. Também é realizada por complexometria com EDTA.

- Pipetar 10mL do filtrado obtido na determinação da sílica + RI e transferir para um béquer de 250mL.
- Adicionar aproximadamente 100mL de água e, sob agitação constante, adicionar aproximadamente 10mL da solução de trietanolamina a 30%.
- Elevar o pH da solução até a faixa de 10,1 a 10,5, com auxílio do peagômetro, adicionando hidróxido de amônio a 20%, gota a gota.
- Adicionar à solução o mesmo volume de EDTA consumido na titulação do cálcio;
- Adicionar Negro-de-eriocromo-T, e continuar titulando lentamente com a solução de EDTA 0,025 M. A viragem para a coloração final deve permanecer estável em torno de 30 s, anotar o volume gasto.
- O teor de óxido de magnésio (MgO) é calculado com aproximação de 0,1% pela equação:

Teor de óxido de magnésio

$$= \frac{\text{Volume gasto de EDTA} * \text{Fator de correção da solução} * 3,50483725}{\text{Massa inicial da amostra}}$$

O resultado deve estar dentro das especificações do produto.

➤ **Determinação de óxido e hidróxido de cálcio disponível para reação.**

Esta análise tem como objetivo avaliar a quantidade de óxido de cálcio está disposto a reação dos produtos derivados do oxido de cálcio. É realizada por titulação ácido base com ácido clorídrico 0,5N.

- Tomar aproximadamente 0,5 g de amostra e transferir para um frasco de Erlenmeyer de 300mL, contendo aproximadamente 20mL de água destilada;
- A seguir, colocar duas a cinco gotas de solução indicadora de fenolftaleína a 1%, lavar paredes do frasco com água destilada e titular com solução-padrão de ácido clorídrico aproximadamente a 0,5 N.

- O teor de cálcio disponível (CaOd) determinado no ensaio é a soma de óxido e hidróxido de cálcio, e é calculado com aproximação de 0,1%, pela equação:

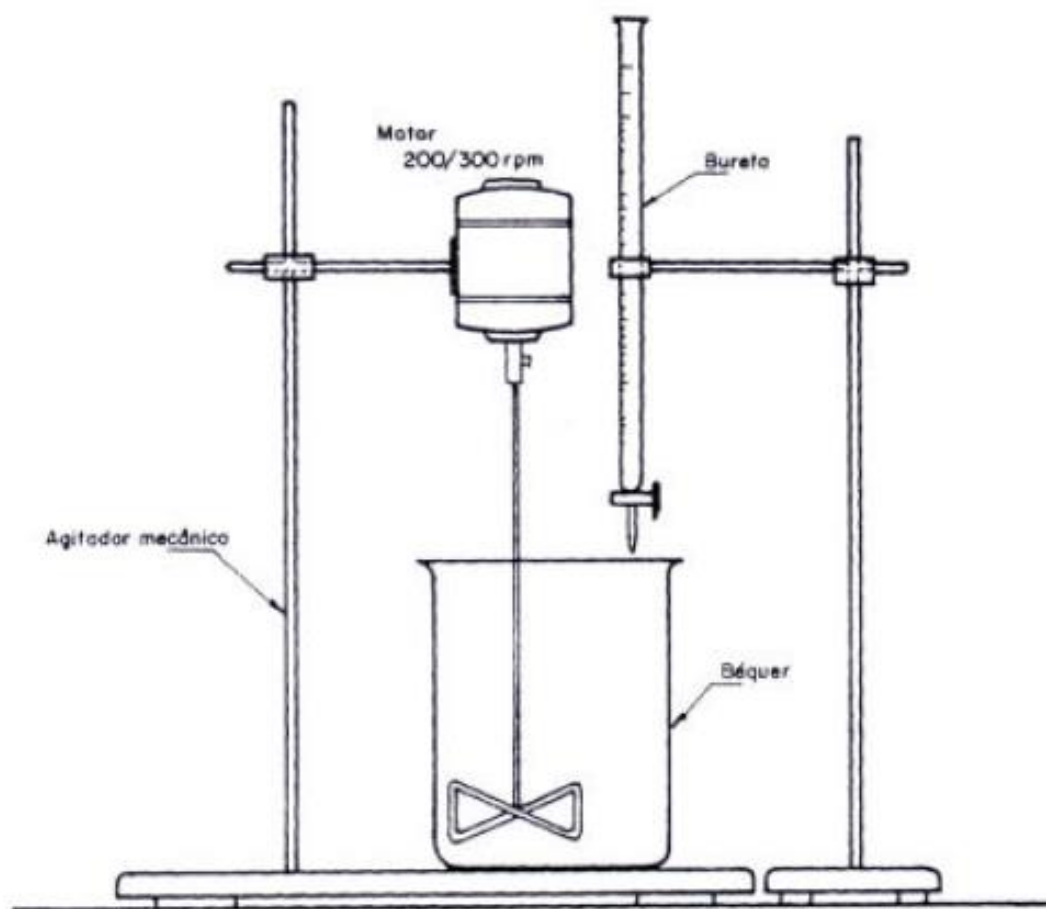
$$\text{Óxido de cálcio disponível} = \frac{1,402 * \text{Volume de ácido gasto} * \text{fator de Correção}}{\text{Massa da amostra}}$$

➤ **Reatividade. (WUHRER ou Reatividade Alemã)**

A análise de reatividade é feita, afim de se determinar a reatividade do óxido de cálcio em água. Esta é feita no óxido de cálcio que sai dos fornos e nos produtos de óxido de cálcio em expedição.

- A análise é feita por titulação de neutralização com ácido clorídrico:
- Tomar aproximadamente 50g de amostra, essa amostra deve ter um tamanho mínimo de 2mm;
- Em um Baker de 4 litros, adicionar 2 litros de água destilada a 40°C;
- Adicionar ao Baker 50ml de fenolftaleína a 1%;
- A análise deve ser feita sob agitação de 600rpm;
- Adicionar o óxido de cálcio, e titular com ácido clorídrico 4N até a coloração rósea escura ficar clara, e repetido à medida que a solução volta a ficar escura novamente, este processo é feito durante o período de 10 minutos, e a cada minuto é anotado a quantidade de ácido que foi usado. A Figura 6 mostra o aparato utilizado para análise.

Figura 6 – Aparato para análise de reatividade.



Fonte: Imagem do Google.

Reatividade Alemã = *Volume de ácido gasto * Fator de correção da solução*

O resultado dessa análise é dado obtido em mL de ácido consumido, e para os produtos analisados esse valor deve ser maior ou igual a 300mL.

4.1.2.3. Análises físicas

As propriedades físicas de um material não envolvem qualquer mudança na composição ou identidade da substância, são propriedades que podem ser observadas e medidas sem modificação de sua composição. As análises físicas realizadas no laboratório da empresa

CARBOMIL também seguem as normas da ABNT para os produtos analisados. A Tabela 8 mostra todas as análises físicas realizadas no laboratório da CARBOMIL QUÍMICA.

Tabela 11 - Análises físicas no laboratório da empresa CARBOMIL QUÍMICA S.A.

Análises Físicas
pH
Substâncias voláteis
Absorção em óleo
Alvura
Granulometria
Área superficial
Densidade Aparente
Umidade

➤ **Densidade aparente**

A densidade aparente é necessária para o cálculo dos parâmetros de dosagem de aditivos na cal e no carbonato de cálcio.

- Pesar 10g da amostra;
- Despejar a amostra em uma proveta graduada;
- Anotar o volume ocupado da amostra na proveta;
- Utilizando um suporte universal para provetas elevar a proveta a uma altura de 10 a 15 cm e soltar sobre uma superfície emborrachada;
- Fazer o procedimento de várias vezes, até perceber que o material foi todo comprimido;
- Avaliar se está dentro da especificação;
- Alvura

A análise de alvura ou determinação da cor dos produtos, os carbonatos de cálcio e óxido de cálcio possuem uma cor branca bem característica, esta análise tem como objetivo determinar o tom de branco nos produtos carbonatados.

- Pesa-se cerca de 5 g da amostra totalmente seca;
- Dispondo-se de uma superfície lisa sobre a balança, coloca-se no cilindro molde de pastilha ácido bórico para servir como base e uma quantidade de amostra que preencha o molde;
- Encaixa-se o pistão no cilindro e aplica-se uma pressão de, aproximadamente, 12,5t;
- Com a pastilha feita fazer a leitura do espectrofotômetro;
- O resultado é esboçado em um gráfico que mostra o comprimento de onda do espectro visível, está deve estar dentro das especificações do produto.

➤ **Rastreabilidade, manutenção de réplica do laboratório.**

A rastreabilidade tem como objetivo percorrer o caminho do produto acabado, desde sua expedição à matéria prima. Tem por finalidade identificar o produto acabado durante o processo de produção e em estocagem, também indicar situações de inspeção e conformidades do mesmo.

Todos os produtos são identificados, por:

- Tipo de produto;
- Número do lote;
- Data de fabricação;
- Os produtos a granel são identificados no silo;
- Os produtos derivados do óxido de cálcio, são rastreáveis até o ensaio de produtos acabados pelos certificados de análise e pelos boletins diários de produção, para evitar ocorrências.
- Produtos derivados do óxido de cálcio não possuem amostra réplica por ser perecível.
- Os carbonatos são rastreáveis até a mina.
- Todos os produtos coletados, são separados em duas partes, uma vai para análise e a outra parte vai para um estoque de réplicas para caso seja preciso uma reanálise da amostra.

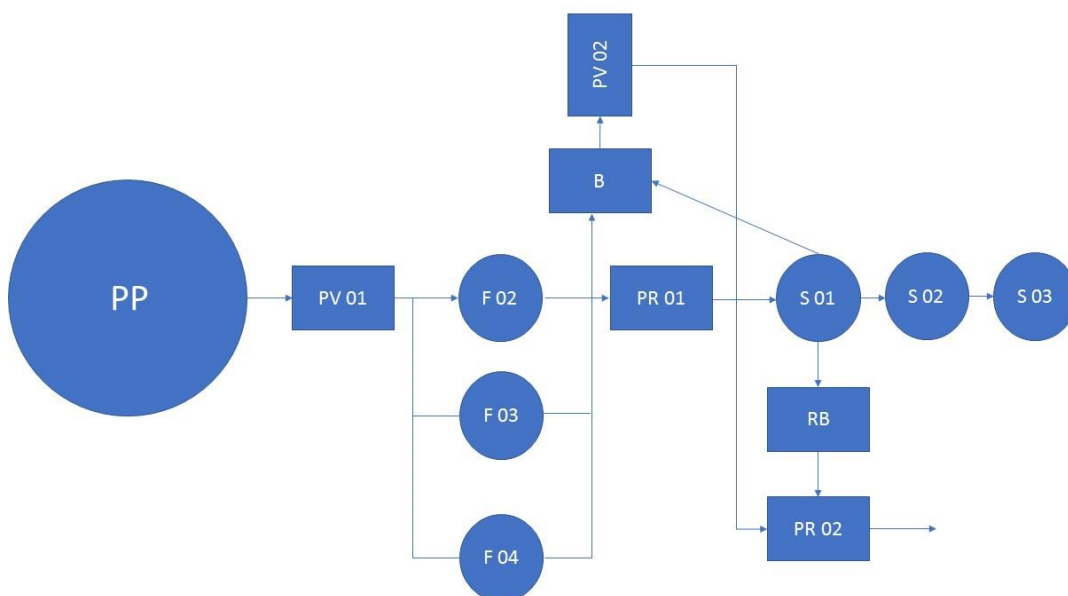
4.2. Operações em Fornos e Hidratação

O óxido de cálcio produzido na CARBOMIL QUÍMICA é feito por processo de calcinação nos fornos, o óxido de cálcio é produzido em condições ótimas de temperatura, pressão e tempo de residência nos fornos.

4.2.1. Processo produtivo do óxido de cálcio

O processo produtivo do óxido de cálcio é mostrado na Figura 7,

Figura 7 – Fluxograma do processo de produção do óxido de cálcio na empresa CARBOMIL QUÍMICA S.A



Fonte: CARBOMIL QUÍMICA

O calcário oriundo da mina passa por um processo de britagem antes de ser armazenado na pilha pulmão (PP). O calcário sai da pilha pulmão em esteiras até a primeira peneira vibratória (PV 01) com tela de 38,3mm de abertura, o passante é aproveitado para outro processo e o retido é armazenado nos vagonetes para abastecer os fornos (F02, F03 e F04). O calcário abastecido nos fornos leva cerca de 22hs para ser transformado em cal (do topo do forno até a zona de descarga), o forno fica totalmente cheio, a pedra calcária desce vagarosamente por gravidade e é abastecida à medida que é descarregado.

Após ser descarregado, o óxido de cálcio vai para o primeiro pre-silo (PR 01), neste ponto a cal pode ir para o silo 2 e 3 (S02 e S03) onde é armazenado o produto para ser vendido a granel, ou para o silo 1 (S01), este passa por um processo de britagem no britador (B), em seguida passa por outra peneira vibratória (PV 02) e é armazenado no pre-silo, este produto é destinado para o processo de moagem, micronização e hidratação do óxido de cálcio.

4.2.1. Visão geral de funcionamento do forno AZBY

O forno AZBY é um forno vertical cilíndrico revestido de tijolos recozidos ou refratários, com três ou mais zonas de queima, carga e descarga semi-automática, produção em batelada e usa de gasogênio como combustível para queima. A Figura 8 mostra os fornos de calcinação da empresa CARBOMIL QUÍMICA.

Figura 8 - Fornos de calcinação AZBY da empresa CARBOMIL.



Fonte: Site da CARBOMIL.

O forno de calcinação é dividido em 3 zonas, pré-aquecimento, queima e descarga. A zona de pré-aquecimento fica acima da zona de queima, onde passam os gases oriundos da combustão do monóxido de carbono, e o dióxido de carbono formado pela reação do carbonato de cálcio com o calor. Na zona de queima é onde ocorre o processo de calcinação, a temperatura chega a aproximadamente 1000°C e a zona de descarga é onde ocorre a descarga do produto. A Figura 9 mostra o calcário sendo calcinado na zona de queima.

Figura 9 - Calcário sendo calcinado na zona de queima do forno AZBE



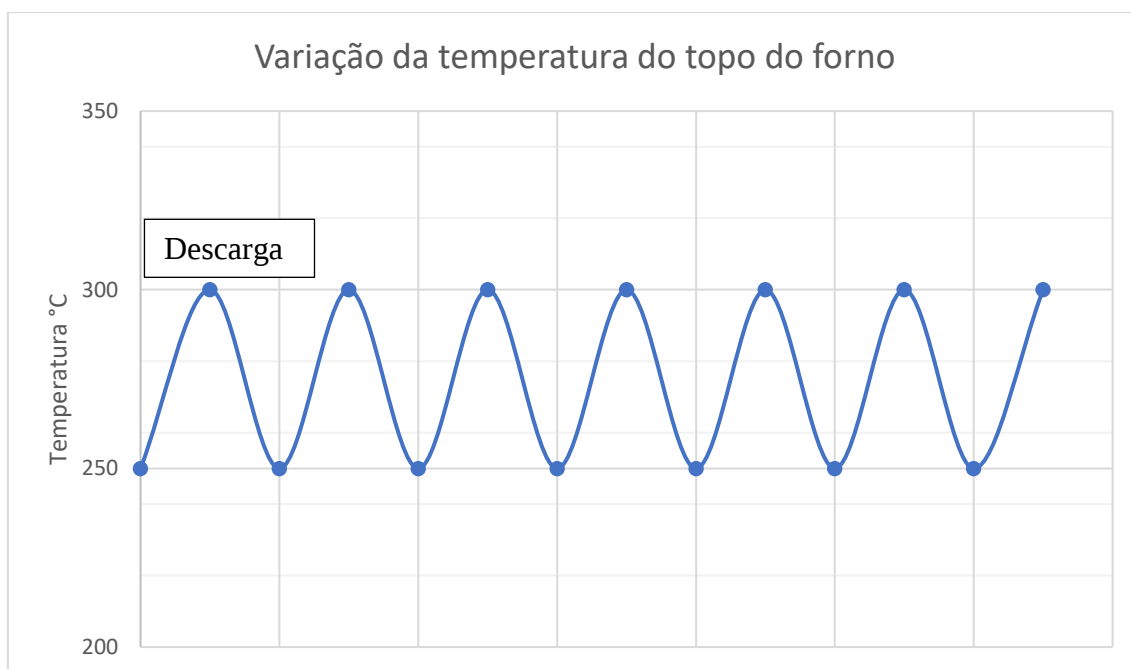
Fonte: Empresa CARBOMIL QUÍMICA S/A

4.2.3. Variáveis de controle

As variáveis de controle do forno são: temperatura, pressão e tempo de residência. Como foi dito no texto acima, o forno AZBE é semiautomático, a temperatura e pressão são controlados por válvulas que controlam a alimentação e descarga, estes são ligados a instrumentos de medição que mandam o sinal para o painel de controle do forno, o tempo de residência é controlado pelo operador do forno, que a partir dos valores da temperatura do topo do forno e pressão na zona de queima descarregam e recarregam o forno.

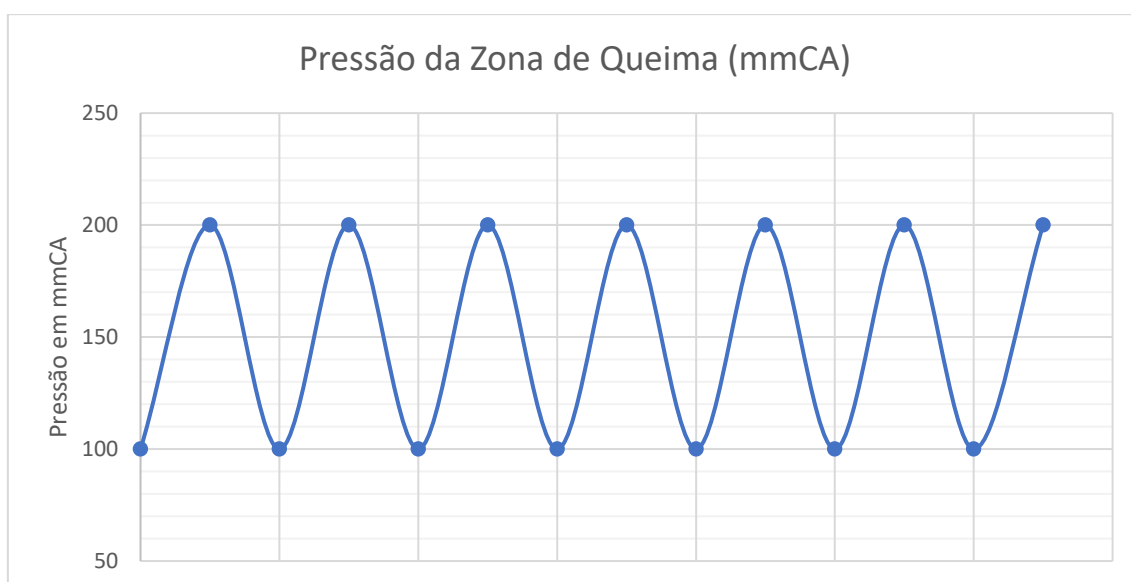
Um estudo feito pelo engenheiro industrial da empresa, definiu as condições ótimas para carga e descarga dos fornos, a Figura 10 e 11 mostra os gráficos da variação da temperatura e pressão para controle do processo de carga e descarga dos fornos.

Figura 10 – Controle de processo de carga e descarga dos fornos de calcinação



Fonte: Dados da EMPRESA CARBOMIL QUÍMICA.

Figura 11 – Gráfico de controle da pressão na zona de queima.



Fonte: Dados da EMPRESA CARBOMIL QUÍMICA.

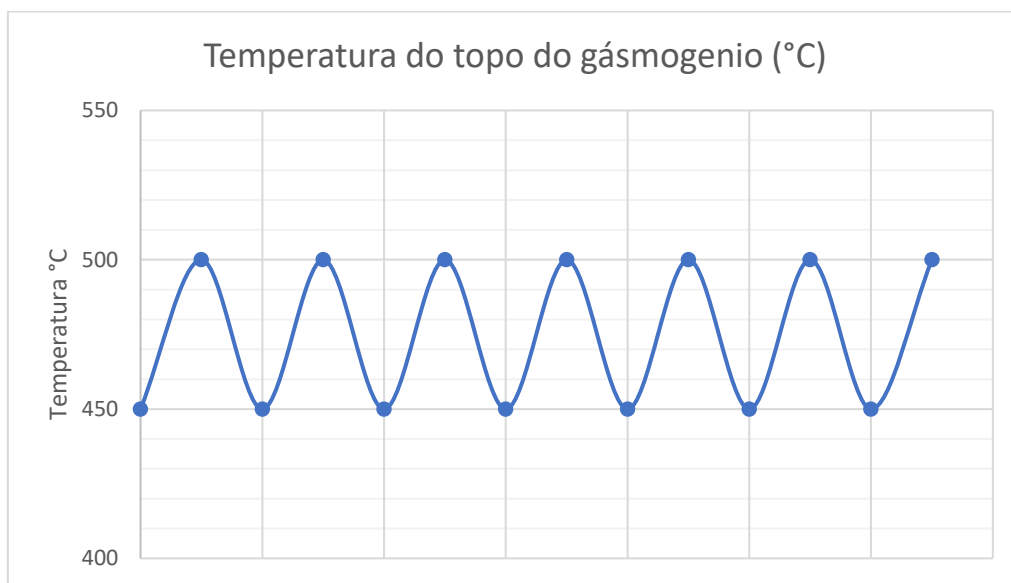
O gráfico mostra a temperatura ideal para descarregar o forno (300°) à medida que vai descarregando vai alimentando o forno com mais material, o calcário que estava na zona de pré-aquecimento desce para a zona de queima e a temperatura que sai do topo do forno diminui.

4.2.4. Gasogênio, produção de gás para forno e variáveis de controle.

O combustível de queima utilizado no forno é o monóxido de carbono (gasogênio). O gás é produzido pela queima parcial da madeira, que libera o monóxido de carbono, este entra no forno por coroas de dispersão, que fazem o gás preencher toda a zona de calcinação dos fornos.

A produção de gasogênio é controlada pela temperatura do gás que entra no forno, à medida que a temperatura do topo do gasogênio diminui, é necessário alimentar o tanque de produção do gás.

Figura 12 – Controle de processo do gasogênio.



Fonte: Dados da empresa CARBOMIL QUÍMICA.

4.2.5. Manuseio e armazenagem do óxido de cálcio.

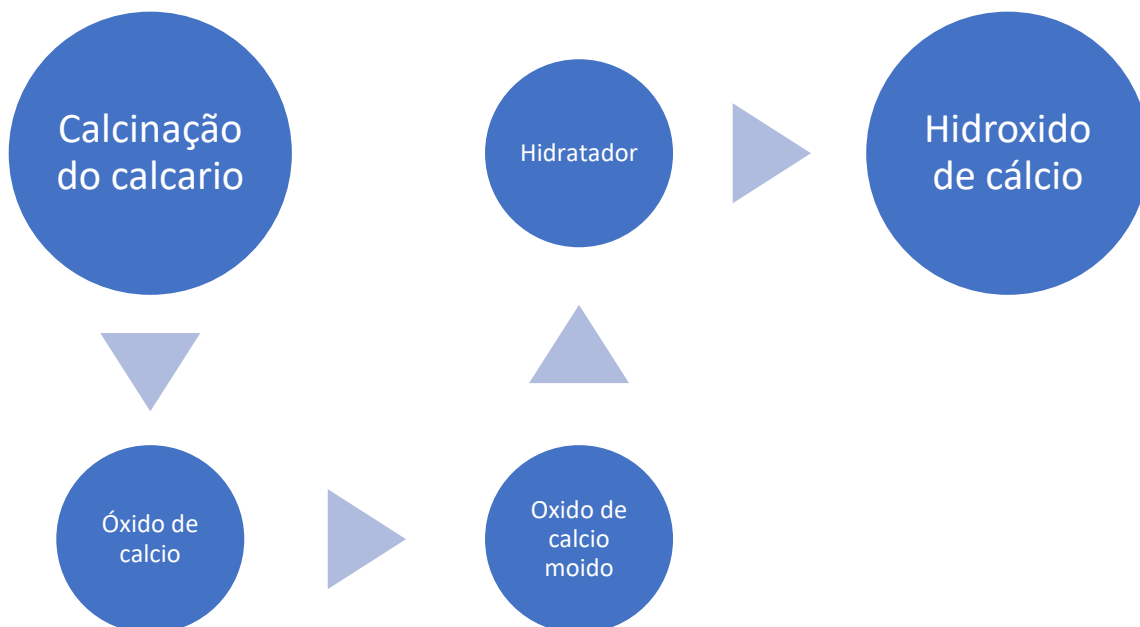
O óxido de cálcio é bastante reativo em água, assim deve-se tomar bastante cuidado com o manuseio, o uso de EPIS é fundamental para evitar acidentes de trabalho, em contato com os olhos pode causar irritação, vermelhidão ou até perda parcial ou total da visão. Em contato com a pele pode causar queimaduras severas dependendo do tempo de contato. Se inalado pode causar irritação a mucosa respiratória, inalação acentuada pode resultar em inflamação das vias respiratórias, ulceração e perfuração dos septos nasais e possível pneumonia.

O produto é armazenado em recipiente fechado em ambiente fresco, seco e em área ventilada. Todos os produtos derivados do óxido de cálcio são devidamente embalados, e tomados todos os cuidados necessários.

4.3. Processo de fabricação de Hidróxido de cálcio. Manuseio e armazenagem.

O hidróxido de cálcio da empresa CARBOMIL QUÍMICA é produzido pelo processo de hidratação do óxido de cálcio com a água, a Figura 13 mostra um esquema de produção do hidróxido de cálcio.

Figura 13 – Esquema de produção do hidróxido de cálcio.



Fonte: CARBOMIL QUÍMICA S/A

O processo de fabricação do hidróxido de cálcio tem início com a produção do óxido de cálcio, visto no fluxograma na Figura 6, no fim deste processo o óxido de cálcio já sai pronto para entrar no hidratador. O hidratador é um tanque cilíndrico horizontal agitado, é alimentado com água e óxido de cálcio em uma proporção controlada pelo operador do equipamento, para este processo não foi estipulado uma proporção fixa de água com relação ao óxido, isso porque as propriedades da cal variam, e essa variação pode fazer o produto final sair das especificações.

4.3.1. Sistema da Qualidade dos processos de fabricação de óxido de cálcio e hidróxido de cálcio.

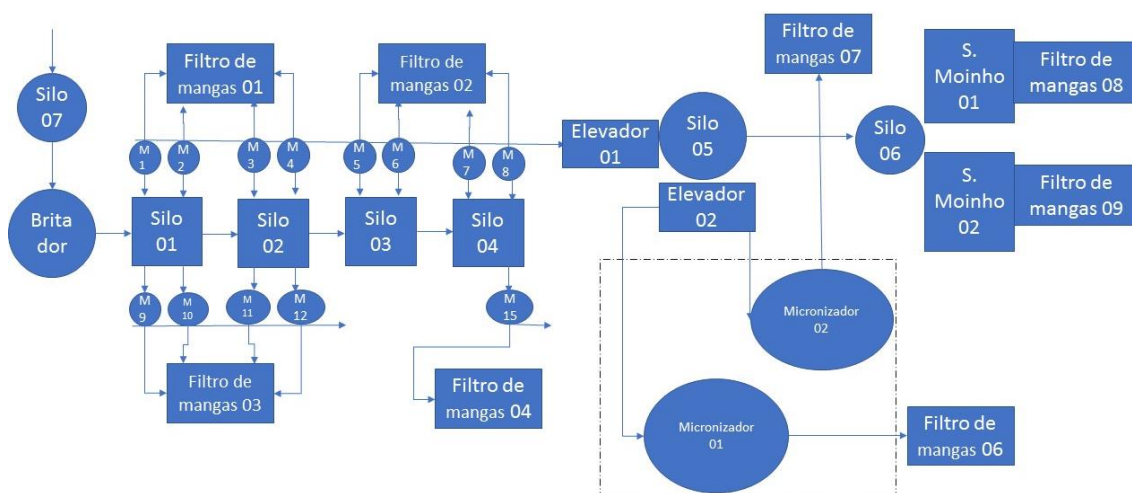
O sistema de qualidade dos óxidos e hidróxidos de cálcio produzidos na empresa CARBOMIL QUÍMICA S/A é feito seguindo rigorosos critérios de produção criados pelo Eng. Industrial e o gerente de qualidade da empresa. Todos os produtos são produzidos dentro das especificações e aprovados ou reprovados pelo laboratório.

Extração e qualidade da matéria prima (Carbonato de cálcio).

4.4. Processo de produção de produtos moídos e variáveis de controle.

Os produtos moídos derivados do calcário são produzidos segundo o esquema mostrado na Figura 14.

Figura 14 - Fluxograma do processo de moagem do calcário na empresa CARBOMIL QUÍMICA. S.A.

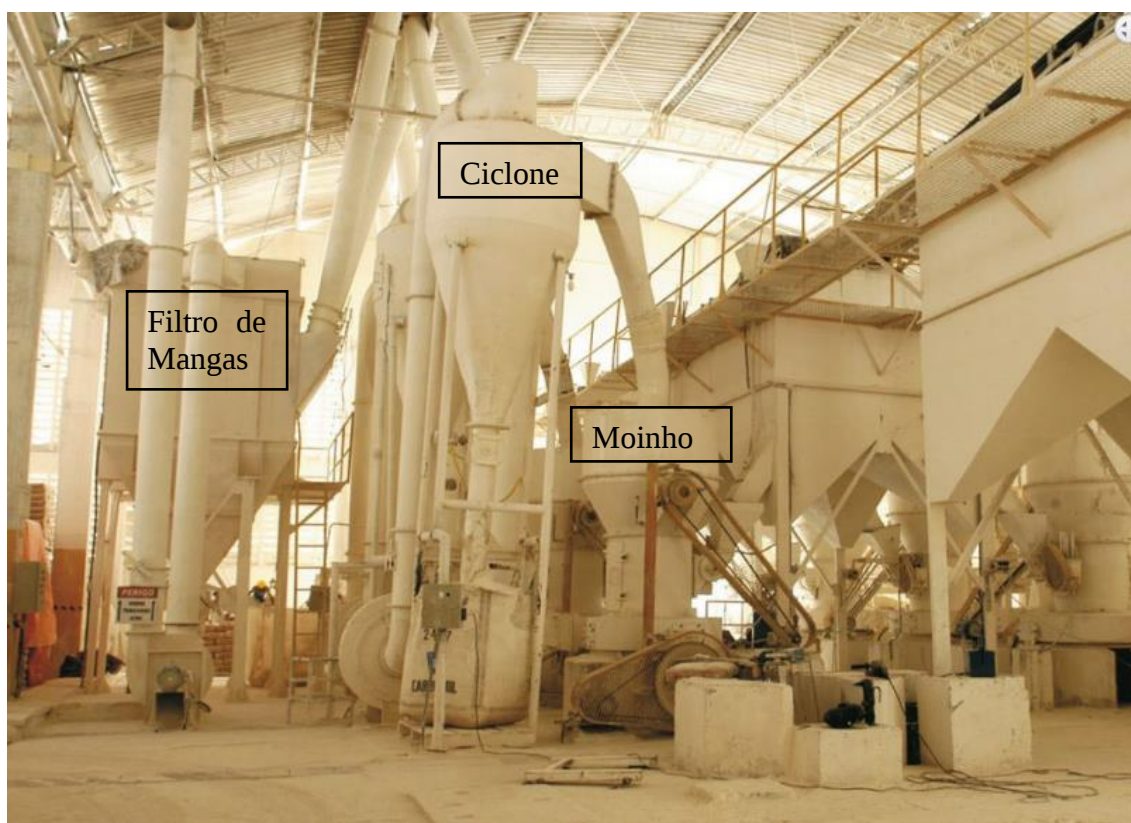


Fonte: Dados da empresa CARBOMIL QUÍMICA.

O calcário é selecionado na mina e enviado ao Silo 07 por esteiras, deste silo a pedra vai para o britador de martelos, onde o calcário é britado e selecionado por peneiras na saída do britador, o material que sai deve ter um tamanho máximo de 2mm, este é direcionado para os Silos (01,02, 03 e 04).

O calcário armazenado nos silos é direcionado para os moinhos, o sistema de moagem é feito por um conjunto moinho-alimentador-classificador, seguido por um ciclone de coleta do pulverizado e um exaustor especial que promove o transporte pneumático, em seguida há um sistema de filtragem dos gases ventilados e a coleta do particulado retido no filtro de mangas, a Figura 15 mostra um esquema de processo dos moinhos.

Figura 15 – Esquema do processo dos moinhos.



Fonte: CARBOMIL QUÍMICA S/A.

Os produtos que saem dos moinhos podem ser ensacados, ou levados para o Silo 05 e 06, onde podem ir para os Micronizadores (01 ou 02) ou para os super-moinhos (S. Moinhos 01 ou 02).

As variáveis de controle do processo de moagem são:

- Alimentação;
- Rotação dos moinhos;
- Rotação do seletor;
- Fluxo de ar exaustor;

A variável alimentação é controlada por equipamento eletrônico e pela pressão, um manômetro ligado ao exaustor e ao moinho mede a diferença de pressão entre, a pressão de ar que entra no moinho e a pressão de ar dentro do moinho, quando a pressão do exaustor diminui é emitido um sinal eletrônico para o equipamento de alimentação, que por sua vez alimenta com calcário os moinhos.

A rotação dos moinhos e do seletor é controlado pelo operador dos moinhos, e varia de acordo com o tamanho da partícula que se deseja obter como produto. O fluxo de ar do exaustor é mantido constante para todos os produtos produzidos.

4.4.1. Sistema de Qualidade do processo de moagem.

O sistema de qualidade dos carbonatos moídos produzidos na empresa CARBOMIL QUÍMICA S/A é feito seguindo rigorosos critérios de produção criados pelo Eng. Industrial e o gerente de qualidade da empresa. Todos os produtos são produzidos dentro das especificações e aprovados ou reprovados pelo laboratório.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estágio supervisionado na empresa CARBOMIL QUÍMICA S/A foi uma experiência engrandecedora e fundamental para o aprimoramento do meu conhecimento. Durante o estágio puder aplicar diversos conceitos aprendidos durante a graduação como, análises químicas realizadas no laboratório, controle de processos, variáveis de controle de processos, sistema de qualidade dos produtos e as atribuições de um engenheiro químico na empresa.

6. REFERÊNCIAS

ANUÁRIO MINERAL BRASILEIRO 2008, **Departamento Nacional de Produção Mineral.**, disponível em: <http://www.dnpm.gov.br>. Acesso dia 10 fevereiro 2017.

COELHO, Ana Zulmira; TORGAL, Fernando Pacheco; JALALI, Said. **A cal na Construção.** 2009.

EMPRESA CARBOMIL S/A, disponível em: <http://www.carbomil.com.br/>. Acesso dia 15 de março 2017.

GUIMARÃES, J. E. P. – **A Cal : Fundamentos e Aplicações na Engenharia Civil**, Associação Brasileira dos Produtores de Cal, 1a Edição, São Paulo, 1998.

KARMANN, Ivo; SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Distribuição das rochas carbonáticas e províncias espeleológicas do Brasil.** Espeleo-tema, v. 13, p. 105-167, 1979.

LIMA, J. M. G. **Desenvolvimento de estudos para elaboração do plano duodecenal (2009) de geologia, mineração e transformação mineral.** Brasília: Ministério de Minas e Energia.

LLAROSA, A.Z. **Proposta de melhoria no processo industrial do carbonato de cálcio apoiada em modelo de referência do desenvolvimento de produto e processo.** 170 folhas. 2011 Dissertação de mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

NATIONAL LIME ASSOCIATION – **Chemical lime facts**, Bul. 214, 1957, Arlington, U.S.A.

OLIVEIRA, Felipe Ventura. **Processamento de carbonato de cálcio para aplicação nas indústrias de papel e de plástico.** 2005.

PARAHYBA, Ricardo Eudes. **Calcário Agrícola.** Sumário Mineral DNPM, 2008.

SAMPAIO, João Alves; ALMEIDA, S. L. M. **Calcário e dolomito.** Rochas e Minerais Industriais, v. 1, 2005.

SOARES, Bruno Daniel et al. **Estudo da produção de óxido de cálcio por calcinação do calcário: caracterização dos sólidos, decomposição térmica e otimização paramétrica.** 2007.

SOUTO, ECS. **Estudo de condições operacionais para obtenção de carbonato de cálcio precipitado. 79 folhas.** 2008. Tese de Doutorado. Dissertação em Engenharia Química da Universidade Federal de Uberlândia.

Sumário Mineral / Coordenadores Thiers Muniz Lima, Carlos Augusto Ramos Neves Brasília: DNPM, 2016. 135 p.: il.; 29 cm. ISSN 0101 2053

TERRA, G. J. S. et al. **Classificação de rochas carbonáticas aplicável às bacias sedimentares brasileiras.** Boletim Geociencias Petrobras, v. 18, p. 9-29, 2010.