CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DE CURITIBA
CURSO TÉCNICO DE QUÍMICA INDUSTRIAL
DISCIPLINA DE PROJETOS INDUSTRIAIS
PROFESSOR RONY WYKROTA



# PRODUÇÃO DE CAL

Trabalho apresentado para conclusão do Curso Técnico de Nível Médio em Química, apresentado ao Centro Estadual de Educação Profissional de Curitiba, na disciplina de Projetos.

CURITIBA FEVEREIRO/2016



ria 194

# DIEGO JUNIOR BÊGA FABIANA RAYMUNDO DE OLIVEIRA RAFAELA NOVASKI

PRODUÇÃO DE CAL

CURITIBA FEVEREIRO/2016

# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 1	
1.1 OBJETIVO	
1.2 LOCALIZAÇÃO2	
1.3 JORNADA DE TRABALHO2	
1.4 NOSSA VISÃO	
1.5 MISSÃO	
2. MATÉRIA – PRIMA E PRODUTOS3	
2.1 COMPOSIÇÃO DO CALCÁRIO4	
2.2 APLICAÇÕES DA CAL4	
2.2.1 PROPRIEDADES DA CAL7	
2.2.2 TIPOS DE CAL (CLASSIFICAÇÃO)7	
3. DESCRIÇÃO DO PROCESSO10	
3.1 MINERAÇÃO10	
3.2 BRITAGEM	
3.3 PENEIRAMENTO10	
3.4 FORNO DE CALCINAÇÃO 11	
3.5 PRODUÇÃO DE CAL VIRGEM11	
3.5.1 MOAGEM	
3.5.2 SILO	
3.5.3 ENSACADEIRA11	
3.6 PRODUÇÃO DE CAL HIDRATADA12	
3.6.1 MOAGEM	
3.6.2 UMIDIFICADOR	
3.6.3 SILO	
3.6.4 ENSACADEIRA12	
3.7 PRODUÇÃO DE CALCÁRIO AGRÍCOLA12	
3.7.1 MOAGEM12	
3.7.2 PENEIRAMENTO	
3.7.3 SILO	
3.7.4 ENSACADEIRA13	

4. FLUXOGRAMA	. 14
5. BALANÇO DE MASSA	. 15
5.1 PERDA NO BRITADOR	. 15
5.2 SAÍDA DO BRITADOR	. 15
5.3 PENEIRAMENTO	. 15
5.4 FORNO DE CALCINAÇÃO	. 15
5.5 MOAGEM DA LINHA DE CALCÁRIO AGRÍCOLA	. 16
5.6 PERDA DE MOAGEM	. 16
5.7 PENEIRAMENTO	. 16
5.8 PERDA NO PENEIRAMENTO	. 16
5.9 SILO COM PRODUTO FINAL CALCÁRIO AGRÍCOLA	. 17
5.10 MOAGEM DA LINHA DE CAL VIRGEM	. 17
5.11 PERDA MOAGEM	. 17
5.12 SILO COM PRODUTO FINAL CAL VIRGEM	. 17
5.13 MOAGEM LINHA CAL HIDRATADA	. 17
5.14 MOAGEM	
5.15 PERDA DE MOAGEM	. 18
5.16 UMIDIFICADOR	
5.17 QUANTIDADE ÁGUA EXCEDENTE	. 18
5.18 ENSACADORA COM PRODUTO FINAL CAL HIDRATADA	
6. BALANÇO DE ENERGIA	
6.1 FORNO DE CALCINAÇÃO	
6.1.1 CALOR DE REAÇÃO	20
6.1.2 CALOR TOTAL DO FORNO	
6.1.3 QUANTIDADE DE COMBUSTÍVEL	
6.2 HIDRATADOR	
6.2.1 ELEVAÇÃO DA TEMPERATURA	
7. DIMENSIONAMENTO DE EQUIPAMENTOS	
7.1 BRITADOR	
7.2 PENEIRAMENTO I	23
7.3 PENEIRAMENTO II	24
7.4 FORNO DE CALCINAÇÃO	24

7.5 MOINHO CALCÁRIO AGRÍCOLA25	
7.6 MOINHO CAL HIDRATADA25	
7.7 SILO PARA CAL VIRGEM	
7.8 SILO PARA CAL HIDRATADA26	
7.9 ENSACADEIRA PARA CAL VIRGEM26	
7.10 ENSACADEIRA CAL HIDRATADA27	
8. LAY OUT	
9. CUSTOS E ÍNDICES ECONÔMICOS	
9.1 INVESTIMENTOS	
9.2 RECEITA	
9.3 IMPOSTO	
9.3.1 ICMS	
9.3.2 PIS	
9.3.3 CONFINS	
9.3.4 CPMF	
9.4 CUSTOS	
9.4.1 MATÉRIA PRIMA	
9.4.2 COMBUSTÍVEIS	
9.4.3 EMBALAGENS	
9.4.4 ÁGUA/TRATAMENTO DE ESGOTO30	
9.4.5 TRATAMENTO DE EFLUENTES	
9.4.6 ENERGIA	
9.4.7 MANUTENÇÃO	
9.4.8 MÃO DE OBRA DIRETA30	
9.4.9 MÃO DE OBRA INDIRETA	
9.4.10 PRÓ LABORE	
9.4.11 DESPESAS DE LABORATÓRIO31	
9.4.12 DEPRECIAÇÃO	
9.4.13 SEGURO31	
9.4.14 JUROS SOBRE CAPITAL PRÓPRIO %	100000
9.4.15 JUROS SOBRE FINANCIAMENTO %	STATE OF THE PARTY OF

9.4.16 DESPESAS BANCÁRIAS	32
9.4.17 DESPESAS ADMINISTRATIVAS	32
9.4.18 ALUGUEL E TAXAS	32
9.4.19 DESPESAS DE VENDA	32
9.4.20 DESPESAS COM MARKETING	32
9.5 ANÁLISE DE CUSTOS	32
9.5.1 CUSTOS INDUSTRIAIS	32
9.5.2 CUSTOS VARIÁVEIS	33
9.5.3 CUSTOS FIXOS	33
9.6 EXQUIBILIDADE ECONÔMICA	
9.7 PONTO DE EQUILÍBRIO	34
9.8 RENTABILIDADE LÍQUIDA	34
9.9 TEMPO DE RETORNO INVESTIMENTO	34
9.10 PONTO DE EQUILÍBRIO	34
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

### 1. INTRODUÇÃO

A Cal, também conhecida como óxido de cálcio, é uma das substâncias mais importantes para a Indústria, sendo obtida por decomposição térmica de calcário a 900°C. Também chamada de cal viva ou cal virgem, é um composto sólido branco.

Esta substância é normalmente utilizada na indústria da construção civil para elaboração das argamassas com que se erguem as paredes e muros e também na pintura. A cal também tem emprego na indústria cerâmica, siderúrgicas (obtenção do ferro) e farmacêutica como agente branqueador ou desodorizador. Na agricultura, o óxido de cálcio é usado para produzir hidróxido de cálcio, que tem por finalidade o controle da acidez dos solos e, na metalurgia extrativa, é utilizado para separar a escória (que contém impurezas, especialmente areia) do ferro.

A fabricação da cal e o seu emprego são conhecidos pelo homem há mais de 20 anos. Suas primeiras aplicações constam de construções de cais, de pavimentos e edificações. Na América Colonial, a simples calcinação do calcário foi um dos processos primitivos de fabricação, adotado pelos colonizadores. Usavam então fornos escavados num barranco, com paredes de tijolos ordinários ou de pedra, com fogo de carvão ou de madeira no fundo, durante 72 horas. Estes fornos ainda podem ser vistos em muitas das regiões de povoamento mais antigo no país. Foi só recentemente, sob a influência de pesquisa, que a fabricação da cal desenvolveu-se numa grande indústria, com um controle técnico exato, produzindo um material uniforme a custo baixo.

#### 1.1 OBJETIVO

Ser uma empresa líder produtora de insumos para a indústria química, saneamento ambiental, agropecuária e principalmente no desenvolvimento de produtos para a Construção Civil. Investe seus conhecimentos em pesquisa e tecnologia no uso da cal e seus derivados.

#### 1.2 LOCALIZAÇÃO

A QUALICAL ÍNDUSTRIA E COMÉRICO LTDA. Localiza-se em região produtora e beneficiadora de calcário, no município de Almirante Tamandaré, região metropolitana de Curitiba, estado do Paraná.

#### 1.3 JORNADA DE TRABALHO

A jornada de trabalho dos funcionários é de segunda a sexta – feira das 8 horas às 17 horas, com intervalo de 1 hora para almoço. Sendo 22 dias trabalhados no mês, totalizando 44 horas semanais e 220 horas mensais.

#### 1.4 NOSSA VISÃO

Ser a primeira em participação de mercado, em lembrança de marca e na preferência dos clientes, consumidores e usuários de produtos da construção civil.

#### 1.5 MISSÃO

Produzir e comercializar produtos para a construção civil em padrões de excelente qualidade e eficácia, gerar lucros, superar as necessidades e expectativas de satisfação dos seus clientes, consumidores e usuários, com o objetivo da prosperidade sustentável.

#### 2. MATÉRIA - PRIMA E PRODUTOS

A matéria-prima utilizada é o Carbonato de Cálcio (CaCO3). Encontra-se na natureza em grandes quantidades, sob diversas modalidades, tais como:

- a) Aragonita é o carbonato de cálcio cristalizado no sistema rômbico; quando é cristalizado acima de 30°C, separam-se cristais de aragonita; abaixo desta temperatura separam-se cristais de calcita. A aragonita, abaixo de 30°C, se encontra em estado metaestável;
- b) Calcita é outra forma de carbonato de cálcio cristalizado no sistema trigonal. Os cristais de calcita são comumente embaçados e opacos; quando são transparentes e incolores recebem o nome de espato de Islândia, que apresenta nitidamente o fenômeno de dupla refração;
- c) Mármore é um agregado de micro cristais de calcita. A Propriedade de um mesmo composto cristalizar-se em dois ou mais sistemas cristalinos diferentes chama-se POLIMORFISMO.
- d) Calcário é o carbonato de cálcio, não nitidamente cristalizado, numa forma impura. Constitui às vezes grandes regiões da crosta terrestre. O calcário é também chamado de "greda".

O carbonato de cálcio é insolúvel na água. Quando em suspensão na água, dissolve-se pela passagem de uma corrente de gás carbônico, em virtude de formação de um bicarbonato de cálcio solúvel. Apresenta as reações gerais dos carbonatos; assim, reage com ácidos com formação de sais de cálcio correspondentes e desprendimento de gás carbônico:

$$CaCO_3 + 2HCI \rightarrow CaCI_2 + H_2O + CO_2 CaCO_3 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + H_2O + CO_2$$

Seu principal emprego é na fabricação de cal viva. É a principal fonte de obtenção de gás carbônico, tanto em laboratório como na indústria. É matéria prima de fabricação de carbonato de sódio. Usado como fundente em

siderurgia forma com a ganga silicosa, um silicato de cálcio que constitui a escória.

# 2.1 COMPOSIÇÃO DO CALCÁRIO

Calcário rico em cálcio: 1,0% SiO2, 0,1% Al2O3, 0,3% Fe2O3, 2,0% MgCO3 e o resto CaCO3;

Calcário magnesiano: 1,0% SiO2, 0,1% Al2O3, 0,3% Fe2O3, 11%MgCO3 e o resto CaCO3;

Calcário dolomítico: 1,0% SiO2, 0,2% Al2O3, 0,3% Fe2O3, 44%MgCO3 e o resto CaCO3;

#### 2.2 APLICAÇÕES DA CAL

Cal de Construção: usa-se como argamassa e com fins ornamentais por seu fácil trabalho em consequência da plasticidade. Dá um reboco elástico e livre de fendas para exteriores, e combinada com cimento, pode-se empregar até 20% (de peso de cimento) sem prejuízo da resistência e com a vantagem de aumentar muito o volume e facilitar o trabalho.

Cal para adubo: a forma em que a cal é aplicada na terra, varia segundo as qualidades do solo. Tratando-se de terreno com escasso conteúdo em colóides e, portanto, muito expostos a lixiviação, corrige-se sua falta de cal c/ caliça moída. Nos terrenos mais compactos usa-se cal viva (virgem) em pó que facilita o espalhamento para corrigir pH de solos ácidos.

Cal para Indústria: Sempre que se necessita de uma ação básica, em uma indústria, a mais fácil, de se obter e a mais, barata é a cal. Seu mais largo emprego tem lugar na indústria siderúrgica para formar escória.

- é usada no abrandamento da água;
- serve de matéria-prima básica na produção de sais de cálcio;
- tem emprego como matéria-prima na fabricação de carbeto de cálcio
   (C2Ca) 2500° C

Ex.: CaO + 3 C → C2 Ca + CO Carbeto de Cálcio

C2Ca + 2 H2O → C2H2 + Ca(OH)2 acetileno

Seu maior emprego é na fabricação do hidróxido de cálcio. Em laboratório é empregado na secagem de gases, por exemplo, do NH3. Este não pode ser secado com cloreto de cálcio porque é absorvido pelo mesmo, com formação de uma moniacato: CaCl2. 8NH3; também não pode ser secado com ácido sulfúrico concentrado porque reage com o mesmo dando sulfato de amônio; usa-se então na secagem do gás amoníaco, a cal viva.

A cal viva é usada na purificação da sacarose; forma-se um sacarato solúvel, que é separado por filtração das impurezas (insolúveis). Passando-se uma corrente de gás carbônico precipita-se o carbonato de cálcio, ficando a sacarose em solução. Os sacaratos de cálcio conhecidos são:

C12H22O11 .CaO . 2H2O

C12H22O11 .2CaO . 2H2O

C12H22O11 .2CaO . 3H2O

É usado na obtenção de hidrogênio puro: conduz-se uma mistura de monóxido de carbono e vapor de água sobre o óxido de cálcio aquecido a 500°C.

Hidróxido de Cálcio: Ca(OH)2 - É obtido a partir da cal viva, pela reação com água:

É também chamada cal apagada. É pouco solúvel na água; ao contrário do que acontece com a maioria das substâncias, sua solubilidade diminui com a elevação da temperatura. A solução de hidróxido de cálcio em água chama-se água de cal; a suspensão de grande quantidade de hidróxido de cálcio em

água chama-se, leite de cal. A água de cal exposta ao ar, absorve gás carbônico tornando-se leitosa, devido á formação de carbonato de cálcio, que é insolúvel.

A água de cal é usada em Química Analítica Qualitativa, na identificação do gás carbônico e dos carbonatos.

Apresenta as reações gerais dos hidróxidos; assim reage com os ácidos dando os sais de cálcio correspondentes:

Ca(OH)2+ 2HCL  $\rightarrow$  CaCl2 + 2H2O Ca(OH)2+ H2SO4  $\rightarrow$  CaSO4 + 2H2O

O maior emprego da cal extinta é na preparação da argamassa, usada no assentamento de tijolos nas construções. A argamassa é preparada misturando-se cal extinta, areia e água: obtém-se uma massa espessa que exposta ao ar perde água e solidifica-se, endurecendo depois gradativamente, à medida que absorve gás carbônico, formando-se então carbonato de cálcio.

O hidróxido de cálcio é empregado na fabricação:

- a) da cal clorada, ou cloreto de cal; Ca(OH)2 + Cl2 → CaCl . ClO + H2O
- b) do hidróxido de sódio, a partir do carbonato: Na2CO3 + Ca(OH)2 → CaCO3 + 2NaOH
- c) do sulfeto ácido de cálcio, que é empregado na depilação de couros: o pêlo incha e é separado por simples raspagem: Ca(OH)2 + 2H2S → Ca(HS)2 + 2H2O
- d) de sulfito ácido de cálcio que é empregado na extração de celulose da madeira e também como antisséptico: Ca(OH)2 + SO2 → Ca(HSO3)2

O hidróxido de cálcio é usado na purificação do gás de hulha, pois absorve vários gases, tais como CO2, H2S, SO2 etc. É também empregado na fabricação de vidros.

#### 2.2.1 PROPRIEDADES DA CAL

O óxido de cálcio aquecido à chama do maçarico oxídrico, emite uma luz branca, muito intensa, denominada "luz de cal". Seu ponto de fusão é extremamente alto; superior a 2500° C. Como é um óxido básico, reage:

- a) com água, dando hidróxido;
- b) com ácidos, dando os sais de cálcio correspondentes;
- c) com óxidos ácidos, dando os sais de cálcio correspondentes.

A reação com água é tão exotérmica, que a água em excesso chega a ferver; o hidróxido de cálcio obtido é conhecido como cal extinta. Grande parte de cal viva obtida é convertida em cal extinta, em enormes aplicações.

# 2.2.2 TIPOS DE CAL (CLASSIFICAÇÃO)

Cal Clorada: Produto químico obtido pela reação do gás cloro com a cal extinta. Pó branco de composição muito complexa, que contém hipoclorito de cálcio, Ca(ClO)2. Parcialmente solúvel em água. Importante na indústria sendo empregado para vários fins, por exemplo: como descorante alvejante, como desinfetante, como oxidante, na preparação de clorofórmio, etc. Recebe também a denominação imprópria de cloreto de cal;

Cal Extinta ou Cal Apagada: [ Ca(OH)2 ] Hidróxido de Cálcio. É obtido pela reação de cal viva com água: CaO + H2O →Ca(OH)2. É pouco solúvel em água; ao contrário da maioria das substâncias, sua solubilidade diminui com a elevação da temperatura. Sua solução em água denomina-se água de cal. A suspensão de grande quantidade de hidróxido de cálcio em água é chamada de leite de cal. Note-se que a extinção da cal é uma operação bem exotérmica: liberam-se 15,5 Kcal por mol que reage. É empregada no preparo de argamassas para construções e como matéria-prima muito barata na indústria química:

Cal Gorda: É a que provém da calcinação de calcários bastante puros e tem a propriedade de se unir com a água muito rapidamente, mesmo na forma de pedras, desenvolvendo grande quantidade de calor e aumentando muito de volume. É branca e dá esplêndida argamassa. Forma, com pequeno excesso de água, uma pasta de aspecto gorduroso;

Cal Hidráulica: É um produto obtido pela calcinação de calcários, contendo 10 a 20% de argila. Comporta-se na extinção como a cal magra, unindo-se à água mais lentamente. Misturada com água e areia (argamassa hidráulica), absorve gás carbônico da atmosfera. Difere, porém, completamente, das cales aéreas (que endurecem ao ar) pela propriedade de endurecer mesmo na ausência de ar, pela ação exclusiva da água, e poder conservar-se satisfatoriamente dentro desta última;

Cal Magra: É a cal formada de calcários que contém sílica, magnesita, argila e óxidos de ferro; é um produto inferior, que se associa à água lentamente, com fraco desenvolvimento de calor e pouco aumento de volume. Com a água, forma em vez de uma pasta consistente, uma espécie de lama que fornece argamassa de endurecimento mais lento. A produção, tanto da cal magra como da gorda, é feita em quantidades enormes;

Cal Nitrogenada: É a mistura de CaCN2 (cianamida cálcica) e C (grafite). Cerca de 70% do CaC2 (carbeto de cálcio) fabricado, é transformado em cal nitrogenada, que se destina, em sua maior parte, ao uso como fertilizante. No solo, é lentamente transformada em uréia e depois em carbonato de amônio. A

cal nitrogenada é ainda empregada na fabricação de cianeto de sódio e gás amoníaco. A fixação do nitrogênio atmosférico através da fabricação da cal nitrogenada, representa importante processo industrial, que foi introduzido por A. Frank e N. Caro, em 1895. A produção mundial sobe a vários milhões de toneladas por ano;

Cal Sobrecalcinada: Quando a temperatura da calcinação ultrapassa a 1.0 C começa a acarretar prejuízo para a qualidade da cal, pois o aumento de temperatura o CaO aumenta de densidade provocando diminuição da porosidade e aglomeração de grãos, em consequência diminui a capacidade de reação com a água. A esta cal dá-se o nome de cal sobrecalcinada;

Cal Dolomítica: É a cal proveniente de uma rocha contendo de 35 a 45% de CaO e 10 a 25% de MgO. É também chamada de cal magnesiana. Presta-se para massa de emboço ou estuque.

### 3. DESCRIÇÃO DO PROCESSO

#### 3.1 MINERAÇÃO

A mineração do calcário consiste no desmonte da jazida de calcário e pode ser feita por perfuração para implantação de explosivos ou com rompedor e retro escavadeira em sistemas mais rudimentares de produção. Após o desmonte ocorre o carregamento, feito com carregadeiras, e o transporte da matéria-prima até a empresa, feito em caminhões. O controle da qualidade para a sua fabricação inicia-se na jazida, com a escolha apropriada da matéria-prima.

#### 3.2 BRITAGEM

A britagem objetiva produzir partículas da rocha calcária com granulometria adequada ao forno utilizado na calcinação. Está dividida em britagem primária e secundária com diferentes capacidades de redução da rocha, que será classificada segundo a faixa granulométrica por meio de peneiras que separam o material destinado a calcinação numa granulometria com diâmetro entre 2" e 4", operação que exige bitola apropriada, das demais frações, que podem seguir para outros mercados, eventualmente após processamento adicional. O material britado é usualmente armazenado ao ar livre organizado em pilhas tipo silo trincheira. Os finos gerados não podem ser calcinados, mas podem ser comercializados como agregado, ou moído como filler ou para a produção de calcário agrícola.

#### 3.3 PENEIRAMENTO

As rochas oriundas do britador passam por uma peneira vibratória de malha de 2" conjugada ao britador, onde aquelas que possuem dimensão abaixo do especificado serão desviadas do processo por meio de uma esteira para a fabricação de calcário agrícola. As rochas que estiverem com granulometria esperada serão encaminhadas para o forno de calcinação e as com dimensões maiores voltarão ao britador para adequação das dimensões.

# 3.4FORNO DE CALCINAÇÃO

A calcinação visa descarbonatar o calcário para a produção de cal virgem (remover o CO2 combinado com os óxidos de cálcio ou magnésio). O processo ocorre em fornos que operam em altas temperaturas (900 e 1200 °C). Os tipos de fornos, tecnologias e combustíveis empregados variam consideravelmente, embora o processo químico seja o mesmo:

$$CaCO_{3(s)} + MgCO_{3(s)} CaO_{(s)} + MgO_{(s)} + CO_{2(q)}$$

Após a descarbonatação, o produto é transportado para local de armazenamento para ser esfriado a temperatura ambiente, prévio à moagem. A cal virgem estocada é direcionada à moagem por meio de correias transportadoras.

#### 3.5 PRODUÇÃO DE CAL VIRGEM

#### **3.5.1 MOAGEM**

A moagem é feita em moinhos e visa diminuir a granulometria da cal virgem a tamanhos adequados à sua destinação final ou à hidratação, do produto da calcinação. A maior parte do produto é encaminhado para a produção de cal virgem e a outra parte segue para a produção de cal hidratada.

#### 3.5.2 SILO

Após a moagem, a Cal Virgem segue para o Silo onde é armazenada para posteriormente seguir para a ensacadeira.

#### 3.5.3 ENSACADEIRA

A cal virgem moída e pulverizada é ensacada em sacos plásticos de 20 Kg.

# 3.6 PRODUÇÃO DE CAL HIDRATADA

#### **3.6.1 MOAGEM**

Antes da hidratação podem ocorre a moagem ou seleção do material, que visam a regularização e classificação granulométrica do material. Ao final deste processo, o insumo é transportado para o local de hidratação.

#### 3.6.2 UMIDIFICADOR

A hidratação da cal é feita em hidratadores com produção contínua ou por batelada. Este processo, ao adicionar água, com 20% de excesso, transforma os óxidos de cálcio (CaO) ou magnésio (MgO) em hidróxidos de cálcio ou magnésio, substâncias adequadas para vários mercados, mas principalmente para a construção civil. O processo é expansivo e exotérmico, com uma liberação de energia de aproximadamente 1,14 MJ/kg de óxido de cálcio e temperatura ideal de hidratação de 74°C. O processo de hidratação deve ser controlado e respeitar o tempo mínimo para a cura do material, evitando assim que reações exotérmicas e expansivas ocorram na utilização do produto.

#### 3.6.3 SILO

A cal Hidratada é estocada no silo para posteriormente seguir para a ensacadeira.

#### 3.6.4 ENSACADEIRA

A Cal Hidratada é ensacada em sacos plásticos ou de papel Kraft de 20 Kg.

# 3.7 PRODUÇÃO DE CALCÁRIO AGRÍCOLA

#### **3.7.1 MOAGEM**

As rochas oriundas do britador com diâmetros inferiores a 2" são levadas por esteiras para uma moagem específica junto com a quantidade de calcário rejeitada do forno de calcinação que não reagiu.

#### 3.7.2 PENEIRAMENTO

Em seguida elas passam por uma peneira vibratória onde aquelas que possuem dimensão fora do especificado são descartadas tendo-as como perda no processo.

A última etapa é o acondicionamento, realizado em barração coberto e fechado. O produto é armazenado ensacado ou paletizado e posteriormente carregados em caminhões e transportados até o cliente.

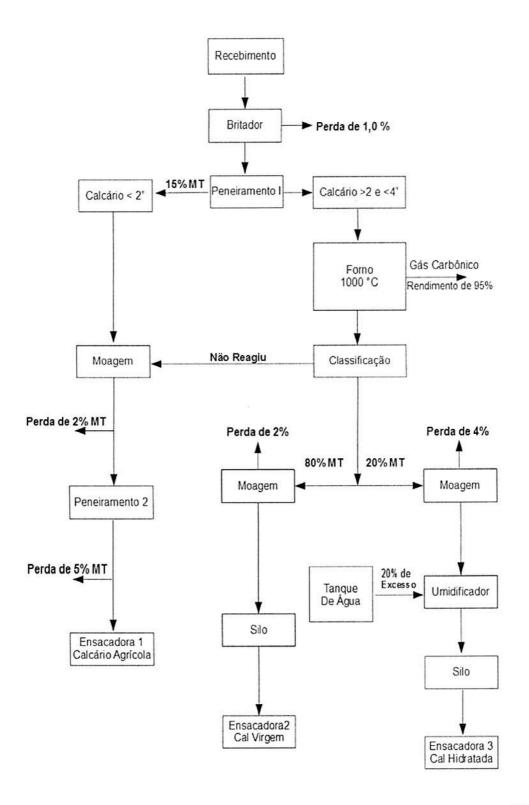
#### 3.7.3 SILO

O calcário agrícola é estocado no silo para posteriormente ser ensacado na ensacadeira.

#### 3.7.4 ENSACADEIRA

O calcário agrícola será ensacado para posteriormente seguia à sua destinação final.

### 4. FLUXOGRAMA



### 5. BALANÇO DE MASSA

Extração de 100000 Kg/ dia

#### **5.1 PERDA NO BRITADOR**

100000Kg - 100%

X - 1,0 %

X= 1000 Kg

# 5.2 SAÍDA DO BRITADOR

100000 Kg - 1000 Kg= 99000 Kg

#### **5.3 PENEIRAMENTO**

99000 Kg - 100%

99000 Kg - 100%

X - 15%

X - 85%

X= 14850 Kg de calcário < 2

X= 84150 Kg de calcário >2"e < 4"

# 5.4 FORNO DE CALCINAÇÃO

Massa/	$CaCO_{3(S)} \leftarrow CaO_{(S)} + CO_{2(G)}$			
Kg				
ММ	100	56	44	
E	84150 Kg	0	0	
R	79942,5 Kg	44767,8 Kg	35174,7 Kg	
s	4207,5 Kg	44767,8 Kg	35174,7 Kg	

84150 Kg - 100%

X - 95%

X= 79942,5 Kg de CaCO<sub>3</sub>Reage

79942,5 X 56 = 44767,8 Kg de CaO

100

79942,5 X 44 = 35174, Kg de CO<sub>2</sub>

100

# 5.5 MOAGEM DA LINHA DE CALCÁRIO AGRÍCOLA

14850 Kg + 4207,5 Kg = 19057,5 Kg

#### **5.6 PERDA DE MOAGEM**

19057,5 Kg - 100%

X - 2%

X= 381,15 Kg

#### **5.7 PENEIRAMENTO**

19057,5 - 381,15 = 18676,35 Kg

#### **5.8 PERDA NO PENEIRAMENTO**

18676,35 Kg - 100%

X - 5%

X= 933,81 Kg

# 5.9 SILO COM PRODUTO FINAL CALCÁRIO AGRÍCOLA

18676,35 Kg - 933,81 Kg = 17742 Kg

#### 5.10 MOAGEM DA LINHA DE CAL VIRGEM

44767,8 Kg - 100%

X - 80%

X= 35814,24 Kg

#### **5.11 PERDA MOAGEM**

35814,24 Kg - 100%

X - 2%

X = 716,3 Kg

#### 5.12 SILO COM PRODUTO FINAL CAL VIRGEM

35814,24 - 716,3 Kg = 35097,9 Kg

#### 5.13MOAGEMLINHA CAL HIDRATADA

#### **5.14 MOAGEM**

44767,8 Kg - 100%

X - 20%

X= 8953,6 Kg

#### **5.15 PERDA DE MOAGEM**

8953,6 - 100%

X - 4%

X= 358,14 Kg

#### **5.16 UMIDIFICADOR**

8953,6 Kg - 358,14 Kg = 8595,46 Kg de CaO

Massa/	a/ CaO+ H <sub>2</sub> O= Ca(OH) <sub>2</sub>				
Kg					
ММ	56	18	74		
E	8595,46 Kg	3315,3 Kg	0		
R	8595,46 Kg	2762,8 Kg	11358,2 Kg		
S	0	552,5 Kg	11358,2 Kg		

 $8595,46 \times 18 = 2762,8 \text{ Kg de H}_2\text{O} \times 1,2 = 3315,3 \text{ Kg de H}_2\text{O}$ 

<u>8595,46 x 74</u> = 11358,2 Kg de Ca(OH)<sub>2</sub>

56

# 5.17 QUANTIDADE ÁGUA EXCEDENTE

 $3315,3 \text{ Kg} - 2762,8 \text{ Kg} = 552,5 \text{ Kg de H}_2\text{O}$  excesso.

# 5.18 ENSACADORA COM PRODUTO FINAL CAL HIDRATADA

11358,2 Kg de  $Ca(OH)_2$  Kg de produto final.

#### 6. BALANÇO DE ENERGIA

# 6.1 FORNO DE CALCINAÇÃO

CALOR ESPECÍFICO DO CALCÁRIO: 0,2264 Kcal/Kg

 $Q_S = m.c.\Delta t$ 

 $Q_S = 84180 \times 0,2264 \times (1000 - 20)$ 

Q<sub>S</sub> = 18670528,8 Kcal

# 6.1.1 CALOR DE REAÇÃO

 $CaCO_{3(S)} + MgCO_{3(S)} -> CaO_{(S)} + MgO_{(S)} + 2CO_2$ 

ΔH= 367,1 Kcal/Kg de cal produzido

 $Q_R = m \times \Delta H$ 

 $Q_R = 84150 \times 367,1$ 

Q<sub>R</sub> = 30891465 Kcal

#### 6.1.2 CALOR TOTAL DO FORNO

 $Q_t = (Q_S + Q_R) \times 1.2$  (Fator de segurança)

Qt= 18670528,8 + 30891465 x 1,2 (20%)

Qt= 55740286,8 Kcal

# 6.1.3 QUANTIDADE DE COMBUSTÍVEL

Poder calorífico da lenha = 2700,0 Kcal/Kg

Peso calorífico da lenha = 400 Kg/m

$$m = Q_t$$
  $m = 55740$   $m = 20644,55$ Kg

#### **6.2 HIDRATADOR**

Reação de calor

$$CaO_{(S)} + H_2O -> Ca (OH)_2$$

ΔH= - 267,7Kcal/Kg de cal hidratada produzida

$$Q_R = m \times \Delta H$$

$$Q_R = 8595,46 \times (-267,7)$$

# 6.2.1 ELEVAÇÃO DA TEMPERATURA

Calor específico da cal hidratada: 0,3Kcal/Kg

$$Q_s = Q_R$$

$$Q_s = m \times C \times \Delta t$$

$$m \times C$$

$$\Delta t = 2301004,5 -> \Delta t = 23010045 -> \Delta t = 675,3 °C$$

$$11358,2 \times 0,3$$

$$3407,46$$

 $\Delta t = t_F - t_i$ 

 $t_{\text{F}} = \Delta t \, + \, t_{\text{i}}$ 

t<sub>F</sub>=675,3 + 20

t<sub>F</sub>= 695,3 °C

#### 7. DIMENSIONAMENTO DE EQUIPAMENTOS

#### 7.1 BRITADOR

Capacidade = Extração diária x Quantidade dia/mês x fator de segurança

Dias úteis x horas/dia de trabalho

Capacidade = 
$$\frac{100000 \times 30 \times 1,2}{22 \times 9} = \frac{300000 \times 1,2}{198}$$

Capacidade = 18181,8 Kg/h

Capacidade nominal = 20000Kg/h

Abertura = 4"

#### 7.2 PENEIRAMENTO I

Capacidade = Entrada x Quantidade dia/mês x fator de segurança

Dias úteis x horas/dia de trabalho

Capacidade = 
$$\frac{99000 \times 30 \times 1,2}{22 \times 9} = \frac{2970000 \times 1,2}{198}$$

Capacidade = 18000 Kg/h

Capacidade nominal =40000Kg/h

Malha = 2"

Dimensão =  $2 \times 2.5 \text{m}$ 

#### 7.3 PENEIRAMENTO II

Capacidade = Entrada x Quantidade dia/mês x fator de segurança

Dias úteis x horas/dia de trabalho

Capacidade = 
$$\frac{18676,35 \times 30 \times 1,2}{22 \times 9} = \frac{560290,5 \times 1,2}{198}$$

Capacidade = 3395,7 Kg/h

Capacidade nominal = 5000Kg/h

Malha = 2"

Dimensão =  $2 \times 2.5 \text{m}$ 

# 7.4 FORNO DE CALCINAÇÃO

Tipo = vertical com fornalha para combustível sólido

Peso específico do calcário = 2,5Ton/m<sup>3</sup>

Ciclo = 36horas

Capacidade = 
$$\frac{\text{Entrada x ciclo}}{1 \text{ dia (em hora)}} = \frac{84150x36}{24}$$

Capacidade = 126225Kg

Volume = 
$$2500$$
Kg -  $1$ m<sup>3</sup>

 $X = 50.5 \text{m}^3$ 

#### 7.5 MOINHO CALCÁRIO AGRÍCOLA

Capacidade = Entrada x Quantidade dia/mês x fator de segurança

Dias úteis x horas/dia trabalhado

Capacidade = 
$$\frac{19057.5 \times 30 \times 1.2}{22 \times 9} = \frac{571725 \times 1.2}{198}$$

Capacidade = 3465Kg/h

Capacidade nominal = 4000Kg/h

Tipo = martelo

Grelha = 1 a 2mm

#### 7.6 MOINHO CAL HIDRATADA

Capacidade = Entrada x Quantidade dia/mês x fator de segurança

Dias úteis x horas/dia trabalhado

Capacidade = 
$$\frac{8953.6 \times 30 \times 1.2}{22 \times 9} = \frac{268608 \times 1.2}{198}$$

Capacidade =1627,9Kg/h

Capacidade nominal = 2000Kg/h

Tipo = martelo

Grelha = 2 a 3mm

#### 7.7 SILO PARA CAL VIRGEM

Armazenagem de 3 dias de produção

Capacidade = Entrada x dias de armazenamento

Capacidade =  $35097,9 \times 3$ 

Capacidade = 105294Kg = 105,29Toneladas

$$D = m -> V = m -> V = 105,29 -> 70,2m^3$$

√ d

1,5

#### 7.8 SILO PARA CAL HIDRATADA

Armazenagem de 3 dias de produção

Capacidade = Entrada x dias de armazenamento

Capacidade =  $11358,2 \times 3$ 

Capacidade = 34074,6Kg = 34,07Toneladas

$$D = m -> V = m -> V = 34,07 -> 22,7m^3$$

V

d

1,5

#### 7.9 ENSACADEIRA PARA CAL VIRGEM

Capacidade = Entrada x Quantidade dia/mês x fator de segurança

Dias úteis x min/dia x capacidade do saco

Capacidade = 
$$\frac{35098 \times 30 \times 1.2}{22 \times 540 \times 20} = \frac{1052940 \times 1.2}{237600}$$

Capacidade = 5,3sacos/min

#### 7.10 ENSACADEIRA CAL HIDRATADA

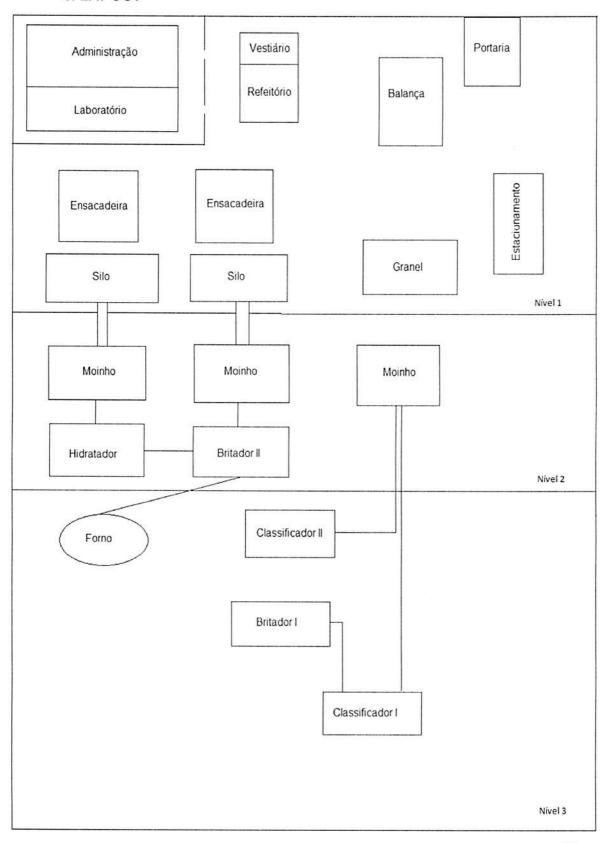
Capacidade = Entrada x Quantidade dia/mês x fator de segurança

Dias úteis x min/dia x capacidade do saco

Capacidade = 
$$\frac{11357,52 \times 30 \times 1,2}{22 \times 540 \times 20}$$
 =  $\frac{340725,6 \times 1,2}{237600}$ 

Capacidade = 1,7sacos/min.

#### 8. LAY OUT



# 9. CUSTOS E ÍNDICES ECONÔMICOS

#### 9.1 INVESTIMENTOS

Terreno	1.210.000,00
Edificações	250.000,00
Equipamentos	600.000,00
Veículos	220.000,00
Instalações Elétricas	60.000,00
Instalações Hidráulicas	60.000,00
Eq. Laboratório	230.000,00
Eq. Escritório	50.000,00
Total de Investimentos	2 680 000 00

#### 9.2 RECEITA

Produtos	Produção/mes	Preço Unit.	Total
Calcário Agrícola	770000	0,04	30.800,00
Cal Virgem	1.540.000	0,65	1.001.000,00
Cal Hidratada	506.000	0,49	247.940,00
		Receita Total	1.279.740,00

#### 9.3 IMPOSTO

9.3.1 ICMS (alíquota 18%)	302.148,00
9.3.2 PIS (alíquota 1,65%)	27.696,00
9.3.3 CONFINS (alíquota 3%) Total de Impostos s/ Faturamento	50.358,00 <b>380.202,00</b>
9.4.4 CPMF (alíquota 0,38%)	6.378,68

#### 9.4 CUSTOS

#### 9.4.1 Matéria Prima

Matéria Prima	Qtidade/mês	Preço Unit.	Total
Calcário	6.000	20,00	120.000,00
	To	otal Matéria Prima	120.000,00

#### 9.4.2 Combustíveis

Combustível	Qtidade/mês	Preco Unit.	Total
Combustivei	Quademies	Freco Onic.	Total

Comb veículo (L) Comb caldeira (kg)	150 3.400	3,43 15,00 Total Combustíve	514,50 51.000,00 de eis 51.514,50	
9.4.3 Embalagens	N			
Embalagens Embalagem	Qtidade/ mês 140800 Total Embalage	Preço Uni 0,60 em	t. Total 84.480,00 <b>84.480,00</b>	
9.4.4 Água/Tratamento de Es	sgoto			
	Qtidad	e/m³ mês Pred	o Unit. Total	
Água de Processo	300	entropy of the contract of the contract	,00 1.200,00	
Água para Limpeza	200		00,008 00,00	
Água de Higiene	150		,00 600,00	
Tratamento de Esgoto	200		00,008	
		Tota		
9.4.5 Tratamento de Efluentes  Tratamento de Efluentes  9.4.6 Energia	Qtidade/m <sup>3</sup> mê	(0.75)	Jnit. Total 0,00	
Energia Elétrica p/ motores, ilumin administrativo	ação e	(alíquota d	de 4% do receita)	67.144,00
Energia Elétrica p/ aquecimento er	m kcal/mês	0 conversão k		0,00
Vapor saturado p/ aquecimento en		0 conversão k	0.0	0,00
Sistema de Resfriamento - Schiller		0 conversão k		0,00
(R\$ 0,34/kWh)			Energia	67.144,00
9.4.7 Manutenção Alíquota do faturamento	2%		Total Manutenção	
9.4.8 Mão de Obra Direta				
Função	N.º Func.	Salário/Fun	Encargos 80%	Total
Técnico Químico	2	1900,00	1520,00	6840,00
Operador	3	1000,00	800,00	5400,00
Auxiliar de Laboratório	1	1200,00	960,00	2160,00
Mecânico	2	2000,00	1600,00	7200,00
10000000000000000000000000000000000000	i <del>les</del>			

Instalações Hidráulicas

Eq. Escritório e Laboratório

Equipamentos de Escritório

Eletricista Operador de Caldeira Auxiliar de Produção		2 3 12 Total de	2000,00 1600,00 2500,00 2000,00 1100,00 880,00 e Mão de Obra Direta		7200,00 13500,00 23760,00 <b>66060,00</b>	
9.4.9 Mão de Obra la Função Gerente Secretária Serviços Gerais	ndireta	N.º Func. 1 2 1	Salário E 5000,00 1000,00 950,00	Encargos 80% 4000,00 800,00 760,00	Total 9000,00 3600,00 1710,00	
Auxiliar Administrativ	<b>/</b> 0	2	1100,00			
9.4.10 Pró Labore		F				
Valor mensal	15.000,00	Encargos 20%	3.000,00	Total	18.000,00	
9.4.11 Despesas de Laboratório Reagentes de Manutenção Terceiros Total de Laboratório		2500,00 5000,00 7500,00				
9.4.12 Depreciação						
Investimento		Valor	Alíquota %aa	Custo me		
Edificações		250.000,00	4		3,33	
Equipamentos Veículos		600.000,00 220.000,00	10 20	5.000,00 3.666,67		
Instalações Elétricas		60.000,00	10	500,00		
Instalações Eletricas Instalações Hidráulicas		60.000,00	10		0,00	
Equipamentos de Laboratório		230.000,00	10	1.91		
Equipamentos de Es	uipamentos de Escritório		10	416,67		
		Ī	Total Depreciaç	ão 12.83	3,33	
9.4.13 Seguro						
Item				usto mensal		
Edificações		250.000,00	0,5	104,17		
Equipamentos		600.000,00	1,0	500,00		
Veículos	ę.	220.000,00	2,0	366,67		
Instalações Elétricas		60.000,00	1,0	50,00		

60.000,00

50.000,00

230.000,00

1,0

1,0

1,0

50,00

191,67

41,67

9.4.14 Juros sobre Capital Próprio %

Capital Próprio Alíquota % aa Custo Mensal 1.409.600,00 12 21.144,00

9.4.15 Juros sobre Financiamento %

Financiamento Alíquota % aa Custo Mensal 1.270.400,00 16,2 **17.150,40** 

9.4.16 Despesas Bancárias - Capital de Giro

Percentual - faturamento 30% Valor descontado 671.440,00 Alíquota % a m 4,0

Total Bancárias 26.857,60

9.4.17 Despesas Administrativas

Percentual do faturamento 2%

Total Administrativas 25.594,80

9.4.18 Aluguel e Taxas (imóvel locado)

Área do Prédio em m<sup>2</sup> 200 (R\$3,00/m<sup>2</sup>) **Total Aluguel 0,00** 

9.4.19 Despesas de Venda

Percentual - faturamento 5% Total Vendas 217.000,00

9.4.20 Despesas com Marketing

Propaganda 2500,00

Merchandize 2500,00

Total de Marketing 5000,00

9.5 Análise de Custos

9.5.1 Custos Industriais

Matéria prima 120.000,00 Combustível 51.514,50

Embalagens Água/Esgoto Tratamento de Efluentes Energia Elétrica Manutenção Mão de Obra Direta Despesas de Laboratório total	84.480,00 3.400,00 0,00 67.144,00 50.358,00 66.060,00 7.500,00 <b>450.456,50</b>	
9.5.2 Custos Variáveis Custos Industriais Impostos s/ Faturamento Imposto de Renda CPMF Despesas Bancárias Despesas de Vendas total	450.456,50 380.202,00 13.857,28 6.378,68 26.857,60 217.000,00 1.094.752,06	
9.5.3 Custos Fixos  Mão de Obra Indireta  Pró Labore  Depreciação  Seguros  Despesas Administrativas.  Aluguel e Taxas  Juros sobre capital  Juros s/ financiamento  Despesas de Marketing  total	18.270,00 18.000,00 12.833,33 1.304,17 25.594,80 0,00 21.144,00 17.150,40 5.000,00 119.296,70	
9.6 Exquibilidade Econômica  (+) Receita  (-) Custo Industrial  (-) Impostos s/ Faturamento  (=) Lucro Bruto  (-) CPMF  (-) Despesas Bancárias  (-) Despesas de Venda  (-) Mão de Obra Indireta		1.279.740,00 450.456,50 380.202,00 <b>449.081,50</b> 6.378,68 26.857,60 217.000,00 18.270,00

(-) Pró Labore (-) Seguros

(-) Aluguel e Taxas

(-) Despesas administrativas.

(-) Despesas de Marketing

18.270,00 18.000,00

1.304,17

25.594,80

0,00 5.000,00

(=)	Lucro Operacional	130.676,25
(-)	Juros sobre capital	21.144,00
(-)	Juros s/ financiamento	17.150,40
(=)	Lucro Tributável	92.381,85
(-)	Imposto de Renda	13.857,28
(=)	Lucro Líquido	78.524,58
(-)	Depreciação	12.833,33
	Disponibilidade Líquida	65.691,24

#### 9.7 Ponto de Equilíbrio

PE = 64,49 %

### 9.8 Rentabilidade Líquida

RL = 2,93 %

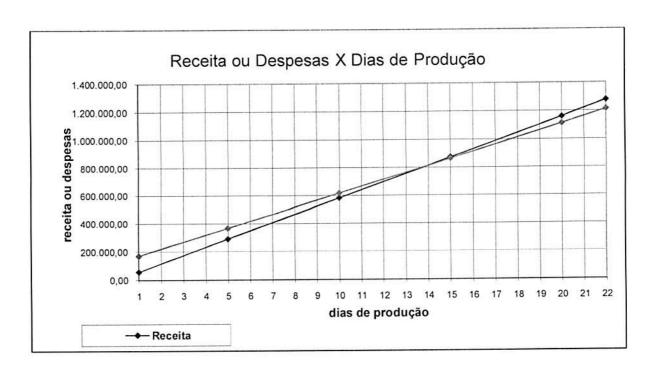
#### 9.9 Tempo de Retorno Investimento

Tr=	Investimento	/12	=	2.680.000,00	/12	=	2,84	anos
	Lucro Liquido			78.524,58				
ou								
Tr =	Investimento	/12	=	2.680.000,00	/12	=	0,17	anos
	Receita	-		1.279.740,00				

#### 9.10 Ponto de Equilibrio

Ponto de Equilíbrio = intercessão das duas curvas

	1	5	10	15	20	22
Receita	58.170.00	290.850,00	581.700,00	872.550,00	1.163.400,00	1.279.740,00
Despesas	169.058,16	368.103,99	616.911,27	865.718,56	1.114.525,84	1.214.048,76
Despesas	49.761.46	248.807,29	497.614,57	746.421,86	995.229,14	1.094.752,06
	119.296.70	119.296,70	119.296,70	119.296,70	119.296,70	119.296,70



# 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

http://www.abpc.org.br.

http://pt.wikipedia.org/wiki/cal.

http://www.biblioteca.sebrae.com.br.

http://www.calecalcariodoparana.com.br.