



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA INDUSTRIAL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM QUÍMICA INDUSTRIAL**

**CLARA CECÍLIA BEZERRA DE MACEDO**

**PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO CIMENTO  
PORTLAND: ABORDAGEM TEÓRICA**

**CAMPINA GRANDE – PB  
2022**

**CLARA CECÍLIA BEZERRA DE MACEDO**

**PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO CIMENTO  
PORTLAND: ABORDAGEM TEÓRICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Química da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do Título de Bacharel em Química Industrial.

**Orientadora:** Profa. Dra. Márcia Ramos Luiz

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

M141p Macedo, Clara Cecília Bezerra de.  
Processo de fabricação do Cimento Portland [manuscrito] :  
abordagem teórica / Clara Cecília Bezerra de Macedo. - 2022.  
16 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2022.

"Orientação : Profa. Dra. Márcia Ramos Luiz, Coordenação do Curso de Química Industrial - CCT."

1. Cimento. 2. Construção Civil. 3. Materiais Aglomerantes.  
4. Química Industrial. I. Título

21. ed. CDD 628.166

CLARA CECÍLIA BEZERRA DE MACEDO

PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO CIMENTO  
PORTLAND: ABORDAGEM TEÓRICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Química da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do Título de Bacharel em Química Industrial.

Aprovada em: 27/07/2022

BANCA EXAMINADORA

Márcia Ramos Luiz

Profa. Dra. Márcia Ramos Luiz – Orientadora  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Dauci Pinheiro Rodrigues

Profa. Dra. Dauci Pinheiro Rodrigues  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Pablícia Oliveira Galdino

Profa. Dra. Pablícia Oliveira Galdino  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	7
<b>1.1 OBJETIVOS</b> .....	7
<b>1.1.1 Objetivo Geral</b> .....	7
<b>1.1.2 Objetivo Específico</b> .....	7
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	7
<b>2.1 HISTÓRIA DO CIMENTO PORTLAND</b> .....	7
<b>2.2 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO CIMENTO PORTLAND</b> .....	8
<b>2.3 Tipos de Cimento Portland e campos de aplicabilidade</b> .....	10
<b>2.4 Aglomerantes Cimentícios</b> .....	12
2.4.1 <i>Água</i> .....	12
2.4.2 <i>Concreto</i> .....	12
2.4.3 <i>Agregados</i> .....	13
<b>2.5 Qualidade do Cimento Portland: Aspectos Gerais</b> .....	13
2.5.1 <i>Consistência</i> .....	13
2.5.2 <i>Trabalhabilidade</i> .....	14
2.5.3 <i>Plasticidade</i> .....	14
2.5.4 <i>Exsudação</i> .....	14
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	15
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	15
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	15

## PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO CIMENTO PORTLAND: ABORDAGEM TEÓRICA

Clara Cecília Bezerra de Macedo<sup>1</sup>

Márcia Ramos Luiz<sup>2</sup>

### RESUMO

A produção de materiais cimentícios confunde-se com o próprio desenvolvimento da humanidade, cuja utilização em larga escala contribuiu tanto com o desenvolvimento econômico da sociedade, como também auxiliou na construção de empreendimentos mais resistentes e duráveis. Ao longo da história novos parâmetros de produção para o cimento foram estabelecidos, com melhorias significativas em seus aspectos físico-químicos e adequações técnicas às novas demandas do mercado consumidor. Nesta perspectiva, considerando estes apontamentos, este trabalho teve como objetivo desenvolver uma análise sobre o processo de fabricação do Cimento Portland, traçando um panorama histórico sobre a sua descoberta, meios de produção e campos de aplicação. Para tanto, desenvolveu-se um estudo de revisão bibliográfica, no qual foram utilizados artigos, monografias, livros e textos técnicos especializados. Neste contexto, adotou-se uma abordagem de natureza qualitativa, na qual as informações não são mensuradas com base em dados estatísticos, mas sim a partir da leitura, síntese e análise dos materiais levantados. Dessa forma, o embasamento teórico utilizou-se principalmente nos autores como Wiedenhofer (2015), Battagin (2011) Gartner e Hirao (2015), Laguna e Ikematsu (2011) dentre outros, onde se pode comprovar a importância desse material utilizado em larga escala.

**Palavras-Chave:** Cimento; Construção Civil; Materiais Aglomerantes.

### ABSTRACT

The production of cementitious materials is intertwined with the development of mankind itself, whose large-scale use contributed both to the economic development of society, as well as assisted in the construction of more resistant and durable buildings. Throughout history new production parameters for cement were established, with significant improvements in its physical and chemical aspects and technical adaptations to the new demands of the consumer market. From this perspective, considering these notes, this work aimed to develop an analysis of the manufacturing process of Portland cement, tracing a historical overview of its discovery, means of production and fields of application. For this, a literature review study was developed, in which articles, monographs, books and specialized technical texts were used. In this context, a qualitative approach was adopted, in which the information is not measured based on statistical data, but rather from the reading, synthesis, and analysis of the materials collected. Thus, the theoretical basis was used mainly in authors such as Wiedenhofer (2015), Battagin (2011) Gartner and Hirao (2015), Laguna and Ikematsu (2011) among others, where it can be proven the importance of this material used on a large scale.

**Key-words:** Cement; Civil Construction; Agglomerant Materials.

---

<sup>1</sup> Graduanda em Química Industrial pela Universidade Estadual da Paraíba. E-mail - claracecilia\_cn@hotmail.com

<sup>2</sup> Professora do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB. E-mail- marciarluiz@servidor.uepb.edu.br

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização de materiais cimentícios na construção civil integra um processo histórico importante e que tem contribuindo significativamente com o desenvolvimento social e econômico da humanidade. Graças a suas propriedades físico-química e elevada capacidade adaptativa, a utilização em larga escala desse material permitiu que grandes e resistentes estruturas fossem desenvolvidas (HELENE; ANDRADE, 2007).

Quando utilizado com outros materiais básicos, como pedras, aço, areia e água, o cimento passa a integrar um vasto campo de aplicabilidades, tornando o processo de construção prático, seguro e resistente tanto às intempéries ambientais, como também a ação humana.

Por definição, o Cimento Portland pode ser conceituado como sendo um material “aglomerante hidráulico resultante da mistura homogênea de clínquer Portland, gesso e adições normalizadas finamente moídas” (ABNT, 1999).

Dessa forma, a fabricação do Cimento Portland envolve um conjunto de processos que resultam em uma larga variabilidade cimentícia, cujas principais características estão na composição do material, o que pode impactar diretamente nas suas propriedades de resistência, trabalhabilidade, durabilidade e impermeabilidade (BATTAGIN; CRUZ, 2020).

### 1.1 OBJETIVOS

#### 1.1.1 Objetivo geral

Realizar uma abordagem teórica sobre o processo de fabricação do Cimento Portland, com ênfase em seus aspectos físico-químicos e campos de aplicabilidade.

#### 1.1.2 Objetivo específico

- Relatar a história do Cimento Portland;
- Descrever o processo de produção do Cimento Portland;
- Relacionar o Cimento Portland e seus campos de aplicabilidade;
- Explicar os aglomerantes cimentícios e a qualidade do Cimento Portland.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 HISTÓRIA DO CIMENTO PORTLAND

O Cimento Portland é um dos materiais fundamentais da construção civil, podendo ser classificado como uma das descobertas mais importantes para o desenvolvimento social e econômico da humanidade. Sua ampla utilização na construção civil se deu principalmente ao longo dos séculos XIX e XX graças ao acelerado processo de expansão dos grandes centros urbanos. Neste sentido, o Cimento Portland passou a ser considerado um dos produtos mais consumidos no mundo, perdendo apenas para o consumo de água. Nesta perspectiva, o seu uso em larga escala revolucionou o modo como as construções são pensadas, tornando-se um dos pilares para o desenvolvimento econômico da humanidade (CEMBUREAU, 2015).

O termo cimento advém da palavra grega *Caementu*, que designava na Roma antiga uma espécie de pedra natural composta de rochedos. Historiadores acreditam que os homens das cavernas já possuíam conhecimentos e habilidades básicas a respeito de um material com

propriedades aglomerantes semelhantes ao que se conhece como o cimento largamente utilizado nas construções (BATTAGIN, 2011).

Uma das hipóteses sobre a origem do cimento é que ao acenderem as suas fogueiras próximas das pedras de calcário e gesso, os homens primitivos notavam que parte dessas pedras eram convertidas em um pó de cor acinzentada, que ao entrar em contato prolongado com o fogo e, posteriormente, com a umidade do sereno noturno, voltava a ter o formato de pedra (ECYCLE, 2017).

Entretanto, um dos primeiros povos a aplicarem o cimento em suas construções foram os babilônios e os assírios. Ao produzirem uma mistura feita basicamente de argila, água e fibras vegetais, formava-se uma pasta utilizada principalmente para a elaboração de moradias. Por sua vez, os egípcios e os romanos melhoraram esse processo ao introduzirem argamassa de cales, gesso e cinzas vulcânicas nas construções de estruturas maciças, como pirâmides e monumentos religiosos (WIEDENHOFER, 2015).

Até final do século XVIII, poucas mudanças ocorreram no modo de produção e uso dos materiais cimentícios. Entretanto, no século XIX o processo de produção do cimento passou por uma evolução significativa, principalmente em função das investigações sobre argamassas e concretos propostas por John Smeaton, ao desenvolver materiais ligantes com alta resistência para construções de faróis em áreas marítimas. As pesquisas iniciais propostas por ele serviram como base para comprovação de que o processamento de materiais calcários contendo argila produziam cimento. Contudo, o desconhecimento sobre seus experimentos não lhes rendeu os créditos necessários e suas experiências foram ofuscadas por outras descobertas de cimentos similares, com destaque principalmente para as investigações propostas pelo francês L. J. Vicat em 1830, que em 1818 trabalhou no desenvolvimento de compostos cimentícios a partir de misturas artificiais de calcários argila, inclusive em proporções ideais para obtenção de cimento. Por suas pesquisas, Vicat é considerado o pai do cimento artificial (GOMÀ, 1979).

De acordo com Neville (2016), apesar da relevância dessas experiências, o reconhecimento do Cimento Portland como se conhece, ocorreu somente no ano de 1824, quando o construtor inglês Joseph Aspadin extraiu, queimou e processou pedras calcárias e argila, moendo-os e transformando-as em um pó fino de coloração acinzentada que após hidratado transformou-se em uma mistura. Após secagem, tornava-se tão dura quanto às pedras empregadas nas construções. Esse mesmo autor relatou que Aspadin então resolveu patentear e propor as primeiras experimentações de modelos de controle científico para a fabricação de Cimento Portland, tendo recebido esse nome em função da semelhança dos seus tons de cores com as das pedras da ilha de mesmo nome, localizada na Inglaterra. Desde então, o Cimento Portland tornou-se um dos produtos mais importantes da construção civil, sendo consumido largamente em escala global.

## ***2.2 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO CIMENTO PORTLAND***

O ciclo de produção do industrial do Cimento Portland começa a partir da sua extração, com a mineração da rocha calcária. Esse primeiro processo é realizado em grandes lavras mecanizadas, feitas a céu aberto, sendo desmontadas através do uso de grandes quantidades de explosivos e transportadas até à área de britagem. Realizadas as etapas iniciais de extração, os pedaços maciços de pedra são moídos e reduzidos em partículas menores que permitam o posterior processamento para a sua aplicação na construção civil (GARTNER; HIRAO, 2015).

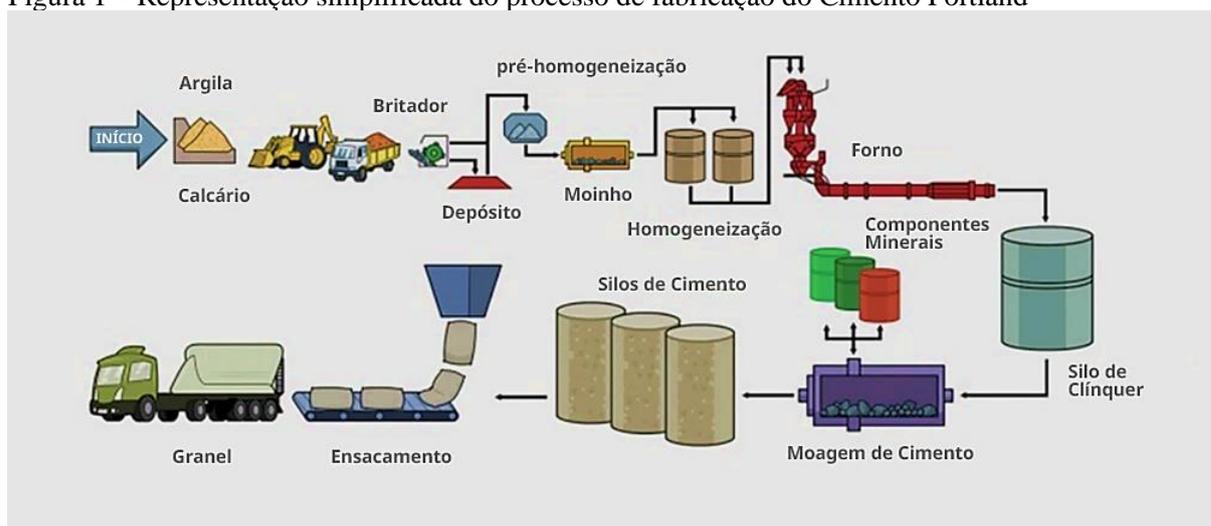
Segundo Mehta e Monteiro (2014), o clínquer é a matéria granular formada através da calcinação de uma mistura de silicatos de cálcio hidráulicos e sulfato de cálcio natural. Esse material é colocado no pré-homogeneizador, onde é feita a preparação das matérias-primas, para em seguida, no moinho cru, se transformar em farinha, para dar início à homogeneização.

Essa farinha é levada para a clinkerização, que é a queima, passando pelo pré-aquecedor e o forno, auxiliado pelo moinho de carvão e óleo até queimar o clínquer.

O processo de fabricação do material cimentício é realizado por meio de dois métodos distintos, chamados tecnicamente de processo seco e o processo úmido, sendo este último o menos usual. O processo úmido começou a ser utilizado nas primeiras experiências de fabricação do cimento, pois tinha um processo mais simplificado de instalação e operação tanto dos moinhos, quanto dos fornos. Ele também gerava uma mistura de qualidade superior e com pouca emissão de pó, com sistemas primários de despoeiramento. A mistura das matérias-primas é moída com uma adição de água, próxima aos 40%, entrando no forno rotativo sob a forma de polpa (GAUTO; ROSA, 2011).

De acordo com esses mesmos autores, o processo úmido de fabricação tornou-se pouco utilizado devido ao alto consumo de energia necessária para a eliminação total da água presente na mistura. Diferente do método anterior, no processo seco, como o próprio nome sugere, a moagem das matérias-primas é feita à seco. A umidade da mistura dos moinhos é feita através do emprego apropriado dos gases quentes do forno. O tempo de forno do processo seco é mais curto que o de via úmida, contudo, a homogeneização é mais complicada e como gera uma quantidade maior de poeira, o processo de despoeiramento das instalações se torna mais dispendioso. O processo seco (Figura 1) tem a conveniência de economizar combustível, pois não há a necessidade de evaporação de água no forno.

Figura 1 – Representação simplificada do processo de fabricação do Cimento Portland



Fonte: Cimento Mauá (2017).

O resultante da queima do calcário misturado com argila, podendo receber adições, formam um produto granulado conhecido como clínquer (gesso, pozolana, fíler, calcário e escória). Das adições é feita a moagem do cimento, a partir dos separadores dos componentes minerais. O cimento, depois de pronto, é armazenado em silos, onde fica até o processo de ensacamento. Após embalado, este é despachado para os locais de comercialização (PAULA, 2009).

Battagin (2011), afirma que a mistura de calcário, argila e minério de ferro, quando levada a um forno rotativo, alcança a temperatura de 1450 graus Celsius, transformando-se em clínquer, a matéria-prima base do Cimento Portland, sendo que ainda flamejante passa por um processo de resfriamento brusco e, em seguida, por um processo de moagem.

A magnitude de calor que é desprendido na hidratação nas primeiras fases influencia a agilidade do endurecimento do concreto e a ampliação da resistência. A quantidade de calor liberado é chamada de “calor de hidratação”, sendo um dos fatores primordiais para o

enriquecimento das resistências. Por esse motivo, quando se opera na preparação do concreto em ambientes com baixas temperaturas, e há a inclusão da água da dosagem do concreto, é gerado um processo chamado “baixo nível do calor de hidratação”, causando assim o atraso do procedimento das resistências iniciais (LAGUNA; IKEMATSU, 2011).

A partir de que ele fique em forma de pó tem a propriedade de reagir quimicamente em contato com a água, adquirindo alta resistência mecânica. Em contato com a água, os silicatos e os aluminatos contidos no clínquer de Cimento Portland viram produtos de hidratação que, com o transcorrer do tempo, formam uma massa firme e resistente (TOKUDOME, 2008).

A hidratação dos aluminatos (aluminato tricálcico C3A) e ferro aluminato tetracálcico C4AF com a adição do gesso, acrescentado na fabricação do cimento, deriva na formação de etringitas, que se formam como agulhas e começam a surgir minutos após o início da hidratação, sendo estas responsáveis pelo fenômeno da pega (TAYLOR, 1998).

Em resumo, a pega é o processo de mudança do estado fluido para um estado rígido do material cimentício e seus agregados. Esse endurecimento refere-se ao aumento da resistência da forma pastosa do cimento após a pega (AZEVEDO, 2015).

As etapas dos aluminatos e dos silicatos hidratados começam a formar algumas ligações entre partículas, derivando na solidificação progressiva da pasta. Somente após algumas horas é que começa a redução da velocidade da reação. Isso só é possível devido ao fato de alguns grãos de cimento estarem cobertos por uma camada de hidratos e que não reagem, dificultando a chegada de moléculas de água às partes que ainda não estão hidratadas (AITCIN, 2000).

O resultante dessa mistura é pouco solúvel na água. É importante ressaltar que deve ser respeitado o início da pega, pois é somente a partir desse momento que as agulhas são formadas, na reação com os aluminatos, assim como os cristais gerados na reação com os silicatos. Se o material for manuseado antecipadamente a resistência da massa poderá ser prejudicada (TOKUDOME, 2008).

### 2.3 Tipos de Cimento Portland e campos de aplicabilidade

Existem cerca de cinco tipos básicos de cimento e mais três especiais. Embora sua indicação seja de uso geral na construção civil, há diferenças importantes entre eles. As principais características estão na composição do material, o que pode impactar diretamente nas suas propriedades de resistência, trabalhabilidade, durabilidade e impermeabilidade. Cada um deles é regido por uma norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e são responsáveis por regular as condições exigidas de fabricação e entrega dos tipos de cimento (PUGLIESI, 2020).

O Cimento Portland não necessita de outros materiais para reagir, assim como para desenvolver sua propriedade de resistência perante a exposição à água, tais como pozolana, o que faz dele um cimento hidráulico (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Nesta perspectiva, de acordo com Pugliesi (2020), os principais tipos de cimento disponíveis no mercado, além do Cimento Portland, segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland, são:

- **Cimento Portland CP II (NBR 11578):** é o tipo mais comum de ser encontrado, haja visto que corresponde a quase 70% da produção de cimento no país. Esse nome se dá por possuir a adição de outros materiais em sua mistura, tornando-se um cimento com menor calor de hidratação ao entrar em contato com a água. É usualmente aplicado em construções que exigem um desprendimento de calor moderado à lento e que poderão sofrer ataques maiores de sulfatos.
- O Cimento Portland CP II é apresentado em três opções:
- CP II – E: Cimento Portland com adição de escória de alto forno.

- CP II – Z: Cimento Portland com adição de material pozolânico.
- CP II – F: Cimento Portland com adição de material carbonático – fíler.
- **Cimento CP III (NBR 5735):** apresenta em sua composição de 35% a 70% de escória de alto forno. Tem uma maior durabilidade e impermeabilidade, além do baixo calor de hidratação, assim como grande resistência à expansão devido à reação álcali-agregados, como também apresenta boa resistência aos sulfatos. Possui a característica de ser menos poroso e mais durável. O Cimento Portland de alto forno pode ser usado em aplicações em geral, mas se torna mais adequado para a construção de obras que utilizem concreto-massa com peças de grandes dimensões, barragens, pilares de pontes e obras submersas, devendo ser evitado em concretagens de ambientes muito secos ou que possuam temperaturas muito baixas.
- **Cimento CP IV (NBR 5736):** sua composição possui de 15% a 50% de material pozolânico, proporcionando estabilidade no uso de agregados reativos ou em ambientes de ataque ácido, em especial de ataques por sulfatos. Por liberar menos calor em contato com a água, é recomendado o uso para concretagem de grandes volumes, especialmente, no preparo de argamassas, concretos, artigos pré-moldados e artefatos feitos de cimento, e que fiquem sob temperaturas elevadas. Por ser pouco poroso se torna ideal para construções que fiquem expostas à ação da água do mar e de esgotos.
- **Cimento Portland de alta resistência inicial:** é um dos tipos de cimento que não contém adições na sua composição. Excepcionalmente, em casos extraordinários ele pode conter até 5% de material carbonático. Por causa desse processo de fabricação, esse tipo de cimento tem elevada reatividade nas primeiras horas de aplicação e se tornam altamente resistentes em um curto intervalo de tempo. Ao final de um período de 28 dias de cura, esse tipo de cimento alcança uma resistência bem maior que os cimentos convencionais. Além de ser utilizado na produção de concreto, argamassa, artefatos de cimento, tubos, lajes, meio fio, postes e blocos para alvenaria, esse cimento costuma ser empregado em obras que pedem um tempo de desforma menor.
- **Cimento Portland Resistente a Sulfatos (CP RS):** o sulfato é um agente químico, também conhecido como óxido sulfúrico, um elemento abundantemente presente na água e que tem ação altamente corrosiva. Por isso, o CP RS é considerado o tipo de cimento ideal para construções em ambientes marítimos, esgotos e outros espaços com condições análogas.
- **Cimento Portland Branco (CPB):** o grande diferencial deste cimento para os outros é a sua coloração branca, adquiridas durante a sua fabricação, devido à baixa concentração dos teores de manganês e ferro e a utilização de caulim no lugar da argila. O cimento branco pode ser encontrado no mercado em dois tipos: o estrutural e o não estrutural. O primeiro é usado para fins arquitetônicos. Já o cimento branco não estrutural é comumente utilizado para o rejunte de pisos e cerâmicas.
- **Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação:** esse cimento é muito resistente à grandes temperaturas e com alta durabilidade. Em função dessas características é utilizado em obras de grande porte, pois oferece pouca propensão ao aparecimento de fissuras causadas pelas condições térmicas/climáticas e que podem ocorrer pelo calor desenvolvido durante o procedimento de hidratação do produto.
- **Cimento Portland Comum CP I e CP I – S (NBR 5732):** O Cimento Portland comum recebe esse nome porque recebe baixas quantidades de aditivo, variando em média de 5% na sua composição geral, fazendo com que retarde o processo de pega do cimento, possibilitando assim mais tempo para a sua aplicação. Seu aproveitamento é possível em serviços de construção em geral, ao qual não são estabelecidas características especiais. Já o cimento comum CP I – S tem na sua composição uma porcentagem maior de material carbonático na massa, 10%, por isso pode ser utilizado nas mesmas

condições do CP I. O cimento comum é o mais difícil de ser encontrado no mercado, pois costuma ser fabricado sob encomenda, além disso, tem alto custo e menos resistência, oferecendo como única vantagem a sua versatilidade, podendo ser aplicado em construções em geral que não tenham contato com a água ou os sulfatos do solo.

## **2.4 Aglomerantes Cimentícios**

O Cimento Portland pode ter várias aplicações de acordo com os compostos químicos acrescentados na sua fabricação ao forno. A partir disso, os agregados acrescentados resultam na usabilidade do cimento e sua empregabilidade nos mais diversos tipos de construções (BAUER, 2008).

Segundo a NBR 7211 (ABNT, 2011), são convencionados como agregados os grãos de minerais duros, espessos, estáveis, resistentes e limpos e não devem possuir substâncias de caráter específico em medidas que consigam afetar a hidratação e a solidez do cimento, protegendo contra a corrosão, apresentando durabilidade e influenciando o aspecto visual final da obra onde for aplicado. Os elementos aplicados à mistura são primordiais para garantir a propriedade do resultado. Deve-se avaliar a qualidade de cada elemento.

### *2.4.1 Água*

A necessidade da água para possibilitar as reações químicas do cimento, nas chamadas reações de hidratação são básicas para propiciar a resistência e durabilidade de uma construção, pois tem a função de lubrificar as partículas na mistura proporcionando um manuseio mais agradável da massa. Do ponto de vista da qualidade do material cimentício, a água mais adequada é a potável. No entanto, a definição de água potável para a preparação do cimento é muito relativa. Dessa forma, não é necessário, obrigatoriamente, que a água seja potável, mas é importante que não possua resíduos sólidos, para que não possam prejudicar as reações e qualidade do cimento. O excesso é o que traz mais riscos e realiza os maiores prejuízos (NEVILLE; BROOKS, 2013).

A quantidade de água usada para preparação da mistura do cimento também é variável e de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), a relação cimento e água vai depender e variar em concordância com a agressividade do ambiente ao qual ele for aplicado. Para ambientes com baixa agressividade a porcentagem ideal é de 65%. Para os ambientes mais agressivos, no qual distintas condições físicas e químicas atuam sobre as estruturas, a porcentagem de água utilizada cai em torno de 45% (ISAÍAS, 2005).

Quanto à cura, é importante considerar que os compostos de CO<sub>2</sub> livres, provenientes da condensação ou água de degelo podem ser responsáveis pela erosão superficial, comprometendo assim a durabilidade aos ataques exteriores. A mistura da água com cimento é capaz de formar diversos materiais, que servem como bases para as mais diversas estruturas. A mais famosa e usual de todas certamente é o concreto (NEVILLE; BROOKS, 2013).

### *2.4.2 Concreto*

O concreto é a mistura mais básica utilizada na construção civil. Sua composição é constituída pela adição de cimento, água e agregados, como areia, pedras e aditivos químicos. Ele é um material estrutural com vasta aplicabilidade, principalmente, em função dos excelentes níveis de resistência à água e agressões provenientes tanto por fatores humanos como naturais.

Ao contrário da madeira e do aço, a capacidade de resistência do concreto faz dele um material ideal para estruturas de alta durabilidade (COUTO et al., 2013).

### 2.4.3 Agregados

Os agregados são os elementos que no princípio do incremento do concreto são acrescentados à massa do cimento e da água, para que fique encorpado, tornando-o assim uma mistura mais economicamente viável para o uso. Cerca de 80% por cento do peso do concreto é formado de agregados e esse fator influencia fortemente no resultado, quanto à sua resistência, densidade, tamanho e retração, além do que a forma dos seus grãos é o que define as várias formas existentes do concreto para a sua utilização (LOPES NETO, 2017).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2009), os agregados devem ser compostos de grãos minerais compactos, duros, estáveis, duráveis e limpos. A No mesmo sentido, a NBR 7211 (ABNT, 2011) determina que esses agregados, em forma de grãos minerais, não devem possuir substâncias da natureza e a sua quantidade não pode influenciar nem no endurecimento e nem na hidratação do cimento, além da proteção da armadura contra a corrosão, a durabilidade e os aspectos que ele terá dentro das formas arquitetônicas do resultado final.

Esses agregados ainda podem ser classificados como naturais ou artificiais, dependendo da sua origem. Os naturais, como o próprio nome sugere, advém da natureza, tais quais pedregulhos ou areia, enquanto os artificiais são aqueles aprimorados, através de processos específicos de aperfeiçoamento, como a pedra britada, que resulta de um processo de moagem de pedras maiores (PETRUCCI, 2005).

## 2.5 Qualidade do Cimento Portland: Aspectos Gerais

A mistura do cimento que é usado na construção civil gera vantagens e desvantagens baseadas em suas características a partir do momento que se tem a pega do aglomerante, enquanto ele ainda está fresco, até o fim do processo, quando ele é considerado um material endurecido. Essas qualidades são baseadas em características particulares (ABNT, 2015).

### 2.5.1 Consistência

A consistência é o grau de fluidez da mistura do cimento com a água, ligado diretamente à mobilidade da pasta gerada. A consistência deve ser feita de maneira que possa ser adensada com as ferramentas disponíveis, coesão suficiente para ser transportada e lançada nas formas sem sofrer segregação, se oferecendo adequadamente à trabalhabilidade ao qual se destina. O cimento após as suas misturas pode ser aferido como seco ou úmido, plástico ou fluido. Quando a relação entre água/materiais secos é baixa, ou seja, está entre 6 a 8%, trata-se de uma massa seca ou úmida. Se esses valores estiverem acima de 8% e até 11%, a massa pode ser considerada como uma massa plástica. Se a relação ultrapassar 11%, chegando aos 14% as relações dessas proporções se tornam altas e classificam a massa como fluida. O importante para definir o tipo de massa específica para cada obra é certificar qual é a mistura compatível com a natureza da obra (ARAÚJO; RODRIGUES; FREITAS, 2000).

O processo de determinação da consistência mais difundido no Brasil, devido à sua simplicidade e facilidade com o qual ele pode ser realizado numa obra é o ensaio de abatimento chamado de *Slump Test*. A consistência da massa dependerá totalmente da peça, além da

maneira como está feita a armadura no seu interior, os processos de lançamento e adensamento praticados (FERNANDES, 2011).

### *2.5.2 Trabalhabilidade*

Toda a capacidade que a massa cimentícia possui, em menor ou maior facilidade, para ser empregada sem perder a homogeneidade é como pode ser definida a sua trabalhabilidade (GUERRA, 2013).

É imprescindível saber que a colocação da massa em peças de grandes dimensões e pouco armadas pode não ter a mesma adequação para peças mais armadas e estreitas ou que a massa pode ser adensada de modo impecável com vibração, sem degradação dos componentes e sem lacunas e que, apesar disso, não poderá gerar uma moldagem adequada e satisfatória quando adensada manualmente (ARAÚJO; RODRIGUES; FREITAS, 2000).

### *2.5.3 Plasticidade*

Plasticidade é a propriedade da massa fresca não sofrer rompimentos após a sua moldagem e depende fundamentalmente do grau de coesão dos elementos e da sua consistência. Essa definição está calcada na possibilidade de separação dos grãos dos agregados da pasta do cimento. Isso vai depender normalmente dos processos inerentes ao uso da massa, tais como: o transporte, devido aos movimentos bruscos aplicados durante o lançamento, pela vibração excessiva no processo de adensamento ou mesmo pela ação da gravidade, quando os agregados graúdos, ou seja, os grãos mais pesados que os demais tendem a se concentrar no fundo das formas (ARAÚJO; RODRIGUES; FREITAS, 2000).

A plasticidade é imprescindível no que se refere à distribuição de agregados miúdos na massa, já que exercem influência preponderante sobre a aparência em determinada área específica. Conforme as paredes das formas se aproximam e possuem uma armadura mais densa, mais alto deve ser o teor de plasticidade da mistura, pois impede que os vazios na peça após a aplicação da massa fiquem evidentes. Para isso, não é recomendável ou se torna um ponto a favor, por exemplo, o incremento da quantidade de água aplicada na massa, pois reduziria consideravelmente a resistência e que para que houvesse uma correção adequada, demandaria a adição de mais cimento, causando um vórtice desequilibrado na busca pelo resultado correto (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Outro fator determinante sobre a plasticidade da massa é a quantidade de agregados miúdos por exercerem uma influência importante no resultado após o processo de secagem. O uso de areia em quantidades exageradas, por exemplo, pode aumentar a coesão da mistura, contudo, dificulta o lançamento e o adensamento da massa nas formas, além do que aumentam o consumo de cimento e com isso o custo final (RODRIGUES, 2017).

Já os agregados com maiores dimensões requerem uma menor quantidade de areia para o resultado na plasticidade e por consequência há uma menor necessidade de adição de água. Isso pode levar a crer que os agregados maiores levam à uma economia de cimento, embora a perda de resistência da massa cause uma menor diferença, inviabilizando essa vantagem (ARAÚJO; RODRIGUES; FREITAS, 2000).

### *2.5.4 Exsudação*

A exsudação é uma forma de segregação da água separada da massa. No processo de exsudação uma parte dessa água costuma atingir a superfície da massa recém-aplicada. A

resultante é a prevalência da incapacidade dos constituintes sólidos dessa mistura reterem a água presente, devido a ela ser o elemento de menor massa específica (NEVILLE, 2016).

A água da exsudação é o que costuma influenciar a qualidade da massa. Se a água proveniente da exsudação é novamente misturada à massa, durante a etapa de acabamento, a superfície pode formar uma camada com resistência precária e de pouca aderência, caso aconteça a evaporação de água da superfície da massa com velocidade antes do fenômeno da exsudação, podendo ocorrer a fissuração por retração plástica (BUEST NETO, 2006).

### 3 METODOLOGIA

Essa pesquisa consistiu em uma abordagem teórica sobre o processo de fabricação Cimento Portland, com base em seu contexto histórico, aspectos gerais, em sua variabilidade, campos de aplicação, aglomerantes e na qualidade do produto industrializado.

Os textos bibliográficos foram extraídos a partir da compilação de trabalhos em periódicos científicos, livros especializados, dissertações e teses acadêmicas relacionadas ao processo de industrialização do Cimento Portland.

### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho objetivou desenvolver uma análise de natureza teórico-descritiva sobre os aspectos físico-químicos do Cimento Portland. No mesmo sentido, buscou também apresentar algumas considerações relacionadas à sua origem, modos de produção e campos de aplicação.

Nesta perspectiva, embasado em pesquisas recentes no âmbito da engenharia química e industrial, os trabalhos analisados apontam que o Cimento Portland vem sendo caracterizado como uma das matérias-primas mais importantes da construção civil, principalmente, em função dos altos níveis de desempenho e excelência alcançados em sua produção, o que o torna um dos materiais aglomerantes mais consumidos em todo o mundo.

Essa alta demanda pelo Cimento Portland tem exigido processos de produção cada vez mais eficientes, que visam tanto a elevação nos níveis de produtividade do produto, como também à qualidade da matéria-prima utilizada em todas as etapas de fabricação. Essas condições têm permitido o desenvolvimento de diferentes subtipos de Cimento Portland, cujas principais características podem ser identificadas na composição do material, que pode impactar diretamente em suas propriedades de resistência, trabalhabilidade, durabilidade e impermeabilidade, bem como na sua composição química.

Portanto, essas características conferem ao Cimento Portland, dentro dos padrões de usabilidade, as condições básicas para utilização em diferentes tipos de aplicações, permitindo que as estruturas sejam projetadas de formas mais seguras, resistentes e adaptáveis a diferentes condições ambientais.

### REFERÊNCIAS

AITCIN, P. **Hight performance concrete**. São Paulo, SP, 2000. Brasil: PIN.

ARAÚJO, R. C. L.; RODRIGUES, L. H. V.; FREITAS, E. G. A. **Materiais de construção**. Rio de Janeiro, 2000. (Apostila). Disponível em: <http://engenhariaconcursos.com.br/arquivos/Materiais/concretosimples.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2022.

AZEVEDO, N. H. **Incorporação de nanobastões de carbetto de silício em matrizes cimentícias**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 109. 2015.

BATTAGIN, A. F; CRUZ, F. R. **Cimento: diferentes tipos e aplicações**. 2020. Disponível em: <https://abcp.org.br/cimento-diferentes-tipos-e-aplicacoes/>. Acesso em: 30 de jul. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto – Agregados para concreto. Rio de Janeiro, 2011.

\_\_\_\_\_. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. - Rio de Janeiro, 2014.

\_\_\_\_\_. **NBR 5732**: Cimento Portland comum CPI. Rio de Janeiro 1991.

\_\_\_\_\_. **NBR 5736**: Cimento Portland pozolânico. Rio de Janeiro, ABNT, 1999. 5p.

BUEST NETO, G. T. **Estudo da substituição de agregados miúdos naturais por agregados miúdos britados em concretos de Cimento Portland**. Dissertação apresentada a Universidade federal do Paraná. Curitiba. 2006.

BATTAGIN, A. F. **Concreto: Ciência e Tecnologia**. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto IBRACON, v. 1, 2011.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

CIMENTO MAUÁ. **Como é feito o cimento, sua composição e nomenclatura no mercado**. Cimento Mauá, 2017. Disponível em: <https://cimentomaua.com.br/blog/cimento-como-feito-composicao-e-nomenclatura/>. Acesso em: mar. 2022.

**Cembureau – The European Cement**. Activity Report, 2015. Disponível em: [http://cembureau.eu/media/1503/2015activityreport\\_cembureau.pdf](http://cembureau.eu/media/1503/2015activityreport_cembureau.pdf). Acesso em: 12 dez. 2021.

COUTO, J. A. S; CARMINATTTI, R. L.; NUNES, R. R. A.; MOURA, RUAN, C. A. **O concreto como material de construção**. Cadernos de Graduação – Ciências Exatas e Tecnológicas. Sergipe. v.1, n.1 p.48- 49. 2013.

ECYCLE. **O que é coprocessamento e quais as vantagens ambientais que ele pode oferecer?** 2017. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/coprocessamento/>. Acesso em: 10 dez. 2021.

FERNANDES, F. M. **Influência da adição de aditivo plastificante e água para manter o abatimento ao longo do tempo na resistência à compressão do concreto**. Trabalho de Conclusão de Curso - UNESC, Criciúma, SC, 2011.

GARTNER, E.; HIRAO, H. A review of alternative approaches to the reduction of CO2 emissions associated with the manufacture of the binder phase in concrete. **Cement and Concrete Research**, v. 78, p. 126–142, 2015.

GAUTO, M. A; ROSA, G. R. **Processos e Operações Unitárias da Indústria Química**. Editora Ciência Moderna, 2011; 440 p.

GUERRA, R. S. T. G. **Trabalhabilidade**. 2013. Disponível em: <http://www.clubedoconcreto.com.br/2013/05/trabalhabilidade.html>. Acesso em: 08 jul. 2022.

GOMÀ, F. **El cemento Portland y otros aglomerantes**. Barcelona: Editores Técnicos Asociados, 1979.

HELENE, P. ANDRADE, T. Concreto de Cimento Portland. In: ISAIA, G. C. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo: Ibracon, 2007. V2, Cap. 27, p. 905 -944.

ISAÍAS, G. C. **Concreto – Ensino, Pesquisas e Realizações**. IBRACON, São Paulo, 2005.

MEHTA, P. M.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: IBRACON, 2014.

LAGUNA, L. A.; IKEMATSU, P; A influência da temperatura na desforma do concreto. **Revista Técnica**. 2011. Disponível em: <https://docplayer.com.br/67982918-Tecnica-a-influencia-da-temperatura-na-desforma-do-concreto-consultoria.html>. Acesso em: 01 jan. 2022.

LOPES NETO, J. P. **Construções e instalações**. Ed. Brasília: NT Editora, 2017.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do Concreto**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 472 p.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**. 5º ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

PAULA L. G. **Análise Termo econômica do Processo de Produção de Cimento Portland com co-processamento de Misturas de Resíduos**. 2009. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal Itajubá, Itajubá-MG, 2009.

PETRUCCI, E. G. R. **Concreto de Cimento Portland**. 14 ed. São Paulo: Editora Globo, 2005. 307 p.

PUGLIESI, N. **Cimento: diferentes tipos e aplicações**. 2020. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/cimento-diferentes-tipos-eaplicacoes/11959>. Acesso em: 23 abr. 2022.

RODRIGUES, E. C. **Concreto Fresco e suas Propriedades**, 2017. Disponível em: <https://www.webartigos.com/artigos/concreto-fresco-e-as-suas-propriedades/81326>. Acesso em: 02 jan. 2022.

TOKUDOME, N. **Concreto de alto desempenho já é passado**, 2008. Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/concreto-de-alto-desempenho-jae-passado/>. Acesso em 02 Jan. 2021.

TAYLOR, H. F. W. **Cement Chemistry**. London: Academic Press, 1998.

WIEDENHOFER, L. **Um Pouco de cimento na História**. 2015. Disponível em:  
<https://pt.linkedin.com/pulse/um-pouco-de-cimento-na-hist%C3%B3ria-leonardo-iedenhofer>.  
Acesso em: 16 dez. 2021.