

## ANÁLISE QUÍMICA-MINERALÓGICA DE CIMENTOS PORTLAND COMERCIAIS

**Anne K. de S. M. Borges, Osires de M. Melo Neto e Ana M. G. D. Mendonça**

*Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande,  
58428-830, PB, Brasil*

**Palavras-chave:** Aglomerante, Caracterização, Propriedades.

**Resumo.** A caracterização química de um material é importante devido à necessidade de seleção adequada baseada no desempenho do sistema em estudo, podendo descrever aspectos de composição, estrutura, visando principalmente estimar o desempenho no período de vida útil do material, minimizando a possibilidade de degradação e falhas indesejáveis durante a utilização do produto. Este estudo teve como objetivo identificar qual o componente majoritário entre os cimentos Portland CP II-E-32, CP III-40 RS, CP IV-32 RS e CP V-ARI, assim como qual destes apresenta maior perda de massa. Para isto foram coletados os quatro cimentos Portland, beneficiados em peneira número 200 (abertura de 0,074 mm) e submetidos à análise termodiferencial e termogravimétrica e fluorescência de raios X, identificando o comportamento térmico dos cimentos frente à elevação da temperatura. Constatou-se que a composição química majoritária das amostras analisadas foi o Óxido de Cálcio (CaO), apresentando resultados que corroboram com normas técnicas e estudos existentes. O cimento Portland tipo CP II-E-32 apresentou perda excessiva ao fogo e esta perda não pôde ser associada à exposição ao ambiente externo, pois o produto encontrava-se acondicionado de maneira correta. As perdas de massa ocorrem em faixas de temperatura fixas e, portanto, é importante a caracterização minuciosa do cimento por permitir reconhecer o comportamento de estruturas produzidos com esse material.

---

Endereços de e-mail: [annekelly12@gmail.com](mailto:annekelly12@gmail.com), [osiresdemedeiros@gmail.com](mailto:osiresdemedeiros@gmail.com), [prof.anamariaduarte@gmail.com](mailto:prof.anamariaduarte@gmail.com)

## CHEMICAL-MINERALOGICAL ANALYSIS OF COMMERCIAL PORTLAND CEMENTS

**Keywords:** Binder, Characterization, Properties.

**Abstract.** The chemical characterization of a material is important due to the need for proper selection based on the performance of the system under study, being able to describe aspects of composition, structure, mainly aiming to estimate the performance over the material's useful life, minimizing the possibility of degradation and failures undesirable during use of the product. This study aimed to identify which is the major component among Portland cement CP II-E-32, CP III-40 RS, CP IV-32 RS, and CP V-ARI, as well as which of these presents greater mass loss. For this, the four Portland cement were collected, processed in a sieve number 200 (opening of 0.074 mm), and submitted to them differential and thermogravimetric analysis and X-ray fluorescence, identifying the thermal behavior of the cement against temperature rise. It was found that the majority chemical composition of the analyzed samples was Calcium Oxide (CaO), presenting results that corroborate technical standards and existing studies. Portland cement type CP II-E-32 showed excessive loss to fire and this loss could not be associated with exposure to the external environment, as the product was packed correctly. Mass losses occur in fixed temperature ranges and, therefore, it is important to carefully characterize the cement as it allows recognizing the behavior of structures produced with this material.

## 1 INTRODUÇÃO

O domínio das características das matérias-primas é importante durante as fases de desenvolvimento e produção de qualquer produto, pois as propriedades físicas e mecânicas dos produtos dependem das características físicas, químicas e mineralógicas dos diferentes tipos de matérias-primas [8].

O cimento Portland é um produto que se obtém pela pulverização do clínquer, constituído essencialmente por silicatos de cálcio hidráulicos, a que não se fizeram adições subsequentes, exceto a de água e/ou a de sulfato de cálcio bruto, além de outros materiais, que podem ser intercominuídos com o clínquer, em teor que não exceda a 1,0 % [4].

Um dos materiais de construção mais utilizados no mundo é o cimento Portland, sendo componente básico de concretos e argamassas. O conhecimento de sua composição química e mineralógica, permite obter propriedades físicas e mecânicas específicas [2].

A termogravimétrica e a difração de raios X são comumente utilizadas a fim de identificar e quantificar fases cimentícias. Esses métodos são de apoio mútuo, pois a termogravimétrica permite a quantificação de fases não cristalinas e a difração de raios X distingue fases cimentícias com faixas de temperatura sobrepostas de decomposição térmica em termogravimétrica [9].

A fim de atender às exigências, uma caracterização microestrutural desejável envolve a determinação da estrutura cristalina, composição química, quantidade, tamanho, forma e distribuição das fases. A determinação da natureza, densidade e distribuição dos defeitos cristalinos também é em muitos casos necessária. Além disso, a orientação preferencial das fases (textura e microtextura) e suas diferenças de orientação também têm estreita relação com o comportamento mecânico dos materiais e, os constituintes presentes na sua microestrutura apresentam estruturas diferenciadas, que exigem um número diversificado de técnicas para a sua análise e compreensão.

Com base no exposto, este estudo tem como objetivo identificar qual o componente majoritário entre os cimentos Portland CP II-E-32, CP III-40 RS, CP IV-32 RS e CP V-ARI, assim como qual destes apresenta maior perda de massa, por meio de testes de caracterização química e mineralógica.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados neste estudo foram: cimento Portland CP II-E-32 (cimento composto por escória granulada de alto forno, da marca Cimpor, cedido pela empresa InterCement); cimento Portland CP III-40 RS (cimento resistente a sulfatos, apresenta escória granulada de alto-forno em sua composição, marca Cimpor, cedido pela empresa InterCement, situada em João Pessoa/PB); cimento Portland CP IV-32 RS (cimento resistente a sulfatos, possui adição de pozolana, fabricado pela empresa Votorantim Cimentos S/A, localizada no município de Paulista/PE); cimento Portland CP V-ARI (cimento de alta resistência inicial, da marca Zebu, cedido por empresa localizada na cidade de Campina Grande/PB).

Na realização da pesquisa foram utilizadas três etapas distintas. A Tabela 1 apresenta as etapas do estudo.

Tabela 1: Etapas de desenvolvimento da pesquisa

Ordem de Realização	Etapas desenvolvidas na pesquisa
1º	Coleta e beneficiamento dos cimentos
2º	Análise termodiferencial (DTA) e termogravimétrica (TG)
3º	Fluorescência de raios X

Realizou-se o beneficiamento em peneira nº 200 (0,074 mm) de acordo com a ABNT NBR 11579:2012 [1] e o acondicionamento em porta-amostra específico para o material, objetivando impedir o contato com a umidade.

Os ensaios de caracterização química e mineralógica dos cimentos em estudo (fluorescência de raios X e análise termodiferencial e termogravimétrica) foram realizados no Laboratório de Caracterização dos Materiais do Departamento de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Campina Grande.

As análises por fluorescência de raios X foram realizadas em equipamento EDX 720 da Shimadzu, objetivando identificar a composição química majoritária para os cimentos em estudo.

As análises térmicas diferenciais (DTA) e termogravimétricas (TG) dos cimentos Portland foram realizadas em equipamento BP Engenharia, Modelo RB 3000, operando a 12,5 °C/min. A temperatura máxima utilizada nas análises térmicas foi de 1000 °C e o padrão utilizado nos ensaios de DTA foi o óxido de alumínio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) calcinado.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Análise termodiferencial-DTA e termogravimétrica-TG dos cimentos Portland

A Figura 1 apresenta as curvas de análise térmica do cimento CP V – ARI.

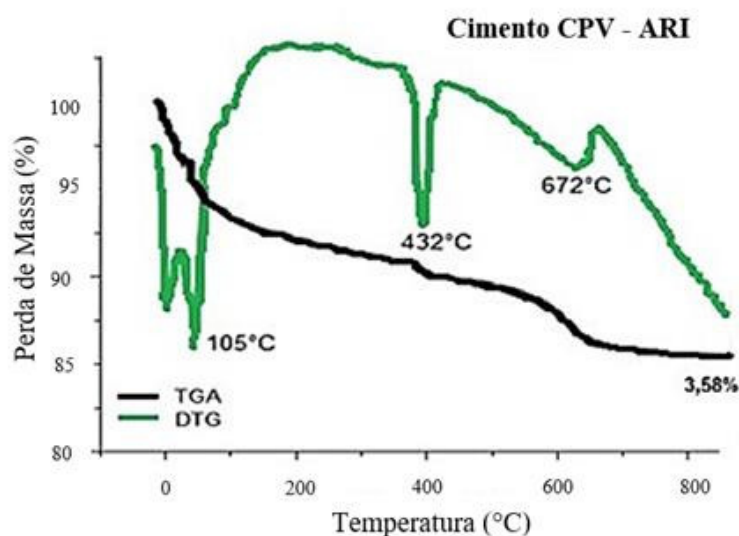


Figura 1: Curvas de análise térmica do cimento Portland CP V – ARI

Conforme resultados obtidos, verifica-se a presença de um pico intenso em aproximadamente 105 °C, correspondente a perda de água livre e combinada presente no cimento; pico endotérmico a 432 °C, correspondente a desidratação da Portlandita e pico endotérmico em 672 °C correspondente a decomposição do Carbonato de Cálcio (CaCO<sub>3</sub> em CaO + CO<sub>2</sub> - desidratação). De acordo com a curva termogravimétrica do cimento CP V-ARI, observou-se uma perda de massa de 3,58 %. A Figura 2 apresenta as curvas de análise térmica do cimento CP IV-32 RS.

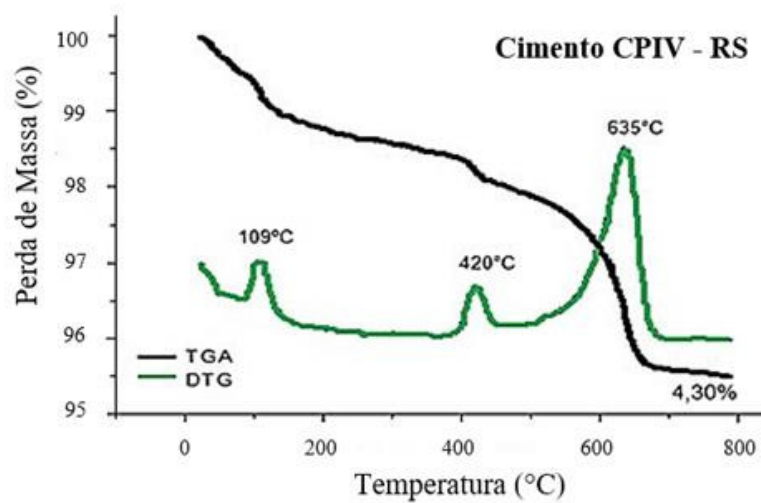


Figura 2: Curvas de análise térmica do cimento CP IV-32 RS

De acordo com os dados, verifica-se a ocorrência de pico exotérmico em 109 °C, referente à perda de água livre; pico exotérmico a 420 °C proveniente da decomposição do hidróxido de cálcio e pico exotérmico em 635 °C correspondente à decomposição do carbonato de cálcio. A curva termogravimétrica indica uma perda de massa total de 4,30 %. A Figura 3 apresenta as curvas de análise térmica do cimento CP II-E-32.

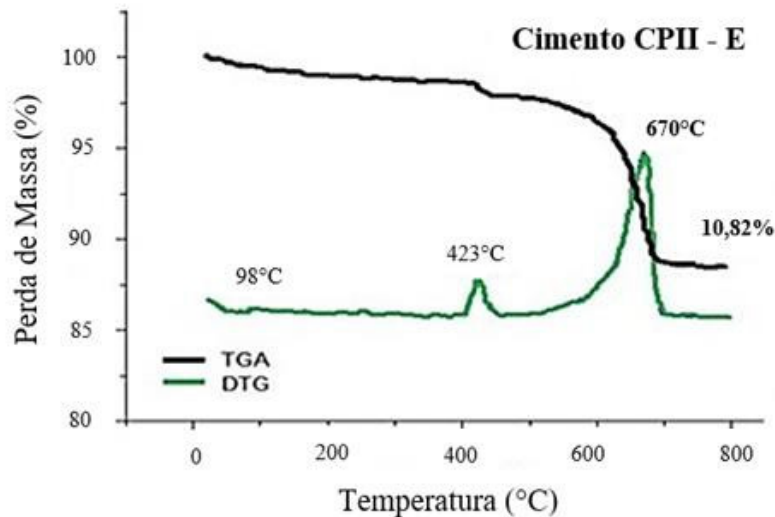


Figura 3: Curvas de análise térmica do cimento CP II-E-32

Nos resultados apresentados na Figura 3, há existência de um pico a 98 °C correspondente à água livre e adsorvida; pico exotérmico a 423 °C referente à decomposição do hidróxido de cálcio formado provavelmente durante o período de estocagem do material, corroborando com os resultados obtidos [6, 10]; pico exotérmico a temperatura de 670 °C, correspondente à decomposição do carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$  em  $\text{CaO} + \text{CO}_2$ ), obtendo-se uma perda de massa total de 10,82 %, conforme curva termogravimétrica.

A perda ao fogo (massa total do cimento, calculada pela diferença entre a massa a 105 °C e a 1.000 °C) encontrado por Gonçalves *et al.* [5] foi superior ao especificado por norma. Esta

característica pode estar associada ao grau de carbonatação e hidratação do óxido de cálcio e de magnésio livres devido a exposição atmosférica [7] e podem estar associados à deterioração durante o armazenamento do cimento ou utilização de clínquer demasiado alterado por armazenamento prolongado no exterior [3].

Pode ser atribuído também a perda devido à descarbonatação de algum carbonato de cálcio, que por falha no processo de fabricação do cimento, porventura ocasionou deficiências no produto. Neste caso, não se pode atribuir a elevada perda ao fogo apresentada pelo CP II-E-32 à umidade decorrente da falta de cuidados no armazenamento, pois o mesmo encontrava-se acondicionado em sacos plásticos e dentro de baldes plástico vedados, além de não apresentarem sinais de hidratação como a formação de grumos. A Figura 4 apresenta as curvas de análise térmica do cimento CP III-40 RS.

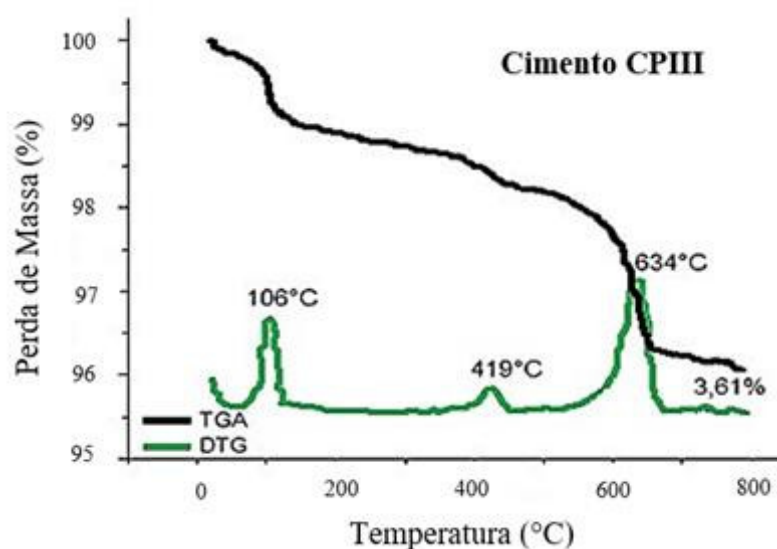


Figura 4: Curvas de análise térmica do cimento CP III-40 RS

De acordo com resultados apresentados na Figura 4, observa-se a presença de pico exotérmico por volta de 106 °C, correspondente a perda de água livre de material, totalizando uma perda de massa de 1,5 %; pequeno pico exotérmico aproximadamente a temperatura de 419 °C, referente a decomposição do  $\text{Ca(OH)}_2$ , com perda de massa de 0,54 % e pico exotérmico em 634 °C, referente ao processo de descarbonatação ( $\text{CaCO}_3$  em  $\text{CaO} + \text{CO}_2$ ), proporcionando uma perda de massa de 2,02 %.

Esses resultados corroboram com estudos de Taylor [10] que menciona que, para o cimento anidro, as perdas de massa ocorrem geralmente nos seguintes intervalos de temperatura: entre 100 °C e 200 °C, correspondendo à decomposição do gesso; as que acontecem entre 400 °C e 500 °C corresponde a decomposição do hidróxido de cálcio; e entre 500 °C e 800 °C a decomposição do  $\text{CaCO}_3$ . Dentre os cimentos avaliados nesta pesquisa, observou-se que o cimento tipo CP II-E-32 apresentou a maior perda de massa em função da temperatura.

### 3.2 Fluorescência de raios X-EDX dos cimentos Portland

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos para a fluorescência de raios X dos cimentos Portland em estudo.

Tabela 2: Fluorescência de raios X dos cimentos Portland

Cimentos	Determinações (%)							
	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	K <sub>2</sub> O	Outros
CPV - ARI	64,6	17,0	6,9	3,4	2,7	0,9	1,3	0,4
CP IV-32 RS	45,7	29,1	9,8	3,0	1,9	4,3	1,8	0,7
CP III-40 RS	59,1	21,2	6,6	3,2	3,2	2,3	0,6	0,7
CP II-E-32	62,3	12,9	4,2	3,4	2,8	2,2	1,0	0,5

Conforme os resultados apresentados na Tabela 2, verifica-se que o cimento CP V - ARI é constituído por óxido de cálcio (64,6 %), óxido de silício (17 %), óxido de alumínio (6,9 %), SO<sub>3</sub> (3,4 %), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (2,7 %) e baixos teores de K<sub>2</sub>O (1,3 %).

Para o cimento CP IV-32 RS observa-se uma composição majoritária de CaO (45,7 %), óxido de silício (29,1 %) e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> com (9,8 %) e teores de MgO (4,3 %) e SO<sub>3</sub> (3,0 %), com perda de massa de 3,8 %.

Observa-se que o cimento CP III-40 RS, é constituído por uma maior quantidade de óxido de cálcio (59,1 %), 21,2 % de dióxido de silício (SiO<sub>2</sub>). Apresenta 6,6 % de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 3,2 % de SO<sub>3</sub>; 3,2 % de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 2,3 % de MgO e 0,7 % de outros óxidos.

Verifica-se que o cimento CP II-E-32 é constituído basicamente de óxido de cálcio (CaO) com 62,3 % e dióxido de silício (SiO<sub>2</sub>) com 12,9 %.

Conforme resultados obtidos, observa-se que a cal (CaO) é o componente maioritário para todos os cimentos em estudo, apresentando-se em maior quantidade estando de acordo com as especificações das normas vigentes.

#### 4 CONCLUSÃO

Na análise térmica observou-se que todas as amostras apresentaram perdas de massa dentro de uma mesma faixa de temperatura, assim como a ocorrência para três estágios distintos. Dentre os cimentos avaliados nesta pesquisa, observou-se que o cimento tipo CP II-E-32 apresentou a maior perda de massa em função da temperatura.

A perda excessiva ao fogo do cimento CP II-E-32 não pôde ser associada à exposição ao ambiente externo, pois o produto encontrava-se acondicionado de maneira correta. Contudo, por ter apresentado este comportamento inesperado, viabiliza-se novos estudos com esse tipo de cimento Portland.

A composição química dos cimentos Portland em estudo apresentou a cal (CaO) como componente maioritário, estando de acordo com as especificações das normas vigentes.

A importância de uma caracterização química mais profunda reside no fato de conhecer todos os componentes químicos de cada tipo de cimento, permitindo deste modo justificar o comportamento físico e mecânico de concretos, argamassas e artefatos produzidos com cimento Portland.

#### REFERÊNCIAS

- [1] Associação Brasileira de Normas Técnicas. *ABNT NBR 11579:2012 – Cimento Portland — Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 µm (nº 200)*. ABNT/CB-018 Cimento, Concreto e Agregados, Rio de Janeiro – RJ, Brasil, 2012.

- [2] M. A. Coimbra, W. Libardi e M. R. Morelli. Estudo da influência de cimentos na fluência em concretos para a construção civil. *Cerâmica*, 52(321):98-104, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0366-69132006000100015>.
- [3] J. S. Coutinho. *Materiais de construção 2: 1ª Parte – Ligantes e Caldas*. Universidade do Porto, 2006.
- [4] M. M. Gomes, M. L. Q. Santos e J. A. Nogueira. Análise da Produção de Cimento Portland. *Revista Pensar Engenharia*, 5(1):1-12, 2017.
- [5] J. P. Gonçalves, R. D. Toledo Filho e E. M. R. Fairbairn. Estudo da hidratação de pastas de cimento Portland contendo resíduo cerâmico por meio de análise térmica. *Revista Ambiente Construído*, 6(4):83-94, 2006.
- [6] J. H. O. Nascimento. *Adição de Poliuretana não iônica a cimento Portland especial para Cimentação de Poço de Petróleo*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – RN, Brasil, 2006.
- [7] A. M. Neville. *Properties of Concrete*. New York: Wiley, 1995.
- [8] A. Schackow e S. L. Correia, C. Effting. Influence of microstructural and morphological properties of raw natural clays on the reactivity of clay brick wastes in a cementitious blend matrix. *Revista Cerâmica*, 66(378):154-163, 2020. <https://doi.org/10.1590/0366-69132020663782852>.
- [9] H. Song, Y. Jeong, S. Bae, Y. Jun, Y. Seyoon e J. E. OH. A study of thermal decomposition of phases in cementitious systems using HT-XRD and TG. *Construction and Building Materials*, 169:648-661, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.001>.
- [10] H. F. W. Taylor. *Cement Chemistry*. Thomas Telford, 1997.