

**10º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 28 de novembro a 3 de dezembro de 2016****CIMENTO PORTLAND COM ESCORIA DE ALTO FORNO, EMPREENDEDORISMO, INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE**

Valdir José de Paula Alvim  
Universidade de Uberaba-UNIUBE  
valdiralvim@yahoo.com.br

**RESUMO**

O objetivo deste artigo é relatar as inovações na produção de cimento, como produzir e ter sustentabilidade, isso através de um empreendimento que visa o futuro e o desenvolvimento na construção civil. Serão citados os tipos de cimento Portland, a proporção de aditivo e tipos diversos desses cimentos e suas características, além do benefício sustentável com o uso de escória nessa produção.

**PALAVRAS-CHAVES:** clínquer, cimento, Portland, escória e sustentabilidade.

**1-DEFINIÇÃO**

Cimento é o nome dado a materiais pulverulentos que, ao serem misturados com água, formam uma pasta que pode ser facilmente moldada, endurecendo gradativamente até produzir uma massa compacta e de grande dureza.

Joseph Aspdin foi um empresário e fabricante de cimento do Reino Unido que obteve a patente do cimento Portland em 21 de Outubro de 1824. Ele fez umas experiências envolvendo processos de mistura, queima e moagem de argila e pó de pedra calcária retirado das ruas, Aspdin conseguiu um material pulverulento, no qual ele misturava certa quantidade de água, produzindo uma argamassa. Depois, deixava-a secar, conseguindo um material de dureza parecida com as pedras utilizadas nas edificações. Ele patenteou este pó em 1824, com o nome de cimento Portland,

devido às semelhanças de seu produto final com rochas da ilha britânica de Portland, as quais apresentavam características próprias como cor, durabilidade e resistência, segundo [http://www.ecivilnet.com/artigos/cimento\\_portland.htm](http://www.ecivilnet.com/artigos/cimento_portland.htm).

O cimento numa fase básica de fabrico é denominado clínquer e tem como matérias-primas o calcário e a argila, ambos obtidos de jazidas em geral situadas nas proximidades das fábricas de cimentos. A rocha calcária é primeiramente britada, depois moída e em seguida misturada, em proporções adequadas, com argila moída. A mistura formada atravessa então um forno giratório de grande diâmetro e comprimento, cuja temperatura interna chega a alcançar 1450°C. O intenso calor transforma a mistura em um novo material, denominada clínquer, que se apresenta sob a forma de pelotas. Na saída do forno o clínquer, ainda incandescente é bruscamente resfriado para posteriormente ser finamente moído, transformando-se em pó.

**2-CIMENTO PORTLAND COM ESCÓRIA**

Escória de alto forno é um produto obtido pela fusão e arrefecimento da escória de ferro (um subproduto da produção do ferro e do aço). Esse produto quando retirado é resfriado em água ou vapor, para produzir um produto vítreo granulado que é, então, seco e moídos em um pó fino.

**10º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 28 de novembro a 3 de dezembro de 2016**

A mistura da escória granulada moída com o clínquer Portland é uma das formas mais antigas de reciclagem da escória. Atualmente a reciclagem na produção de cimento consome boa parte das escórias geradas no Brasil, mas ainda existem sobras significativas e enormes pilhas de estoque. A reciclagem da escória de alto forno na produção de cimento é uma aplicação que teve início no Brasil no início da década de 50 (JOHN, 1995). Ela apresenta várias vantagens. Em primeiro lugar, permite uma redução da poluição emitida na produção do clínquer. A produção do clínquer implica na calcinação de calcário, que é o nome dado a reação química de decomposição térmica, usada para transformar o calcário ( $\text{CaCO}_3$ ) em cal virgem ( $\text{CaO}$ ), liberando gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ).

Além da redução da quantidade  $\text{CO}_2$  pela descarbonatação, é também reduzida a quantidade de combustível, uma vez que a escória não precisa ser calcinada. Esta redução de poluentes devido a economia de combustível varia com o teor de adição, tendo sido estimada por YAMAMOTO entre 274 e 321 kg de  $\text{CO}_2$  por tonelada de clínquer, além da redução de outros poluentes, como o  $\text{SO}_x$ , (JOHN 2000). Para estes autores, nas condições da indústria de cimento brasileira, a substituição de 60% do clínquer por escória de alto forno permite uma redução de  $\text{CO}_2$  de 494 kg/ton cimento. Evidentemente a redução poderá ser menor caso o resíduo tenha sido transportado por longas distâncias por via rodoviária. Um aspecto raramente considerado é que a parte deste  $\text{CO}_2$  é reabsorvida na forma de carbonatação do concreto. A redução dos aterros também deve ser incluída entre os benefícios ambientais da reciclagem da escória. A produção dos cimentos Portland contendo escória apresenta também benefícios de engenharia: redução do calor de hidratação, importante em grandes peças

de concreto, como barragens; controle da reação de álcali-agregado, que leva a destruição de estruturas expostas à umidade; melhoria da resistência contra a penetração de cloretos.

**3-NORMAS TÉCNICAS E CONTROLE DE QUALIDADE DO CIMENTO PORTLAND**

Muitos devem ter ouvido falar sobre a qualidade de certas marcas de cimento. Que tal marca fosse melhor que a outra. As determinações da qualidade e da quantidade das matérias-primas que vão constituir os diversos tipos de cimento Portland não podem ser feitas atendendo simplesmente à vontade unilateral de um produtor ou de um consumidor. No país a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) prepara e divulga normas técnicas que são usadas no mercado como padrão de referência. As normas técnicas definem não somente as características e propriedades mínimas que os cimentos Portland devem apresentar como, também, os métodos de ensaio empregados para verificar se esses cimentos atendem as exigências das respectivas normas.

Cimento CP-I (NBR 5.732) ou Cimento Portland Comum: recebe este nome porque não possui nenhum tipo de aditivo, apenas o gesso, que tem a função de retardar o início de pega do cimento para possibilitar mais tempo na aplicação. Tem alto custo e menos resistência. Sua produção é direcionada para a indústria. Classe de resistência: 25 MPa. "Este tipo já está quase ausente no mercado", diz Battagin.

Cimento CP-II (NBR 11.578) ou Cimento Portland Composto: assim conhecido porque tem a adição de outros materiais na sua mistura, que conferem a este cimento um menor calor de hidratação, ou seja, ele libera menos calor quando entra em contato com a água. O CP-II é apresentado em três opções: CP-II



## 10º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 28 de novembro a 3 de dezembro de 2016

E – cimento portland com adição de escória de alto-forno, o CP II-E é composto de 94% à 56% de clínquer+gesso e 6% à 34% de escória, podendo ou não ter adição de material carbonático no limite máximo de 10% em massa. O CP II-E, é recomendado para estruturas que exijam um desprendimento de calor moderadamente lento. A norma brasileira que trata deste tipo de cimento é a NBR 11578.; CP-II Z – cimento portland com adição de material pozolânico; e CP-II F – cimento portland com adição de material carbonático – fíler.

Classe de resistência: 25, 32 e 40 MPa. “É versátil e aplicado a todas as fases de obras”, conforme Cruz.

Cimento CP-III (NBR 5.735) ou Cimento Portland de Alto-forno: tem em sua composição de 35% a 70% de escória de alto-forno. Apresenta maior impermeabilidade e durabilidade, além de baixo calor de hidratação, assim como alta resistência à expansão devido à reação álcali-agregado, além de ser resistente a sulfatos. É menos poroso e mais durável sendo recomendado tanto para obras de grande porte e agressividade (barragens, fundações de máquinas, obras em ambientes agressivos, tubos e canaletas para condução de líquidos agressivos, esgotos e efluentes industriais, concretos com agregados reativos, obras submersas, pavimentação de estradas, pistas de aeroportos, etc) como também para aplicação geral em argamassas de assentamento e revestimento, estruturas de concreto simples, armado ou protendido, etc. A norma brasileira que trata deste tipo de cimento é a NBR 5735. Classe de resistência: 25, 32 e 40 MPa.

Cimento CP-IV (NBR 5.736) ou Cimento Portland Pozolânico: tem em sua composição de 15% a 50% de material pozolânico. Por isso, proporciona estabilidade no uso com agregados reativos e em ambientes de ataque ácido,

em especial de ataque por sulfatos. Possui baixo calor de hidratação, o que o torna bastante recomendável na concretagem de grandes volumes e sob temperaturas elevadas. É pouco poroso, sendo resistente à ação da água do mar e de esgotos. Classe de resistência: 25 e 32 MPa. Em cada região do Brasil você encontra um tipo de cimento com mais disponibilidade que outro, devido à maior quantidade de matéria-prima de aditivo disponível.

Cimento CP-V ARI (NBR 5.733) ou Cimento Portland de Alta Resistência Inicial: em função do seu processo de fabricação, tem alta reatividade nas primeiras horas de aplicação, fazendo com que atinja resistências elevadas em um curto intervalo de tempo. Ao final dos 28 dias de cura, também atinge resistências maiores que os cimentos convencionais. É muito utilizado em obras industriais que exigem um tempo de desforma menor. É recomendado apenas para a fabricação de concretos.

Cimento RS (NBR 5.737) ou Cimento Portland Resistente a Sulfatos: Os materiais sulfatados estão presentes em redes de esgoto, ambientes industriais e água do mar. Sendo assim, seu uso é indicado para construções nesses ambientes.

Cimento Branco (NBR 12.989) ou Cimento Portland Branco (CPB): tem como principal característica a cor branca, que é conseguida através de matérias-primas com baixo teor de manganês e ferro e utilização do caulim no lugar da argila. Existem dois tipos de cimento branco. Um deles é o estrutural, indicado para fins arquitetônicos. Além dele, há o não estrutural, indicado para rejunte de cerâmicas.

Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação (BC) / (NBR 13.116): este tipo de cimento tem a propriedade de retardar o desprendimento de calor em peças de grande massa de concreto, evitando o



## 10º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 28 de novembro a 3 de dezembro de 2016

aparecimento de fissuras de origem térmica, devido ao calor desenvolvido durante a hidratação do cimento.

### 4-CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil é atualmente o 4º maior consumidor de cimento e o 6º que mais fabrica o insumo no mundo. Com produção atual de 78 milhões de toneladas por ano, o país projeta atingir 111 milhões de toneladas no ano 2016. O consumo per capita de 311 quilos ainda está abaixo da média mundial, que é de 428 quilos por habitante, mas o setor nacional destaca-se pelo compromisso com a sustentabilidade. Yushiro Kihara gerente de tecnologia da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) em palestra no Concrete Congress – evento paralelo ao 6º Concrete Show, ocorrido de 29 a 31 de agosto de 2012 em São Paulo, disse que o setor tem consciência de sua importância e faz um balanço ambiental que é referência mundial. Yushiro Kihara, da ABCP cita: produção de cimento aumentou, emissão de CO<sub>2</sub> caiu. Ele também avalia que a característica singular da indústria cimenteira do Brasil contribui para destacar a responsabilidade ambiental do setor. O país tem 15 grupos industriais, diferentemente do que ocorre em outras nações, onde duas ou três companhias, em média, dominam o setor. Essa competitividade converge para uma indústria moderna, que investe em filtros de alta eficiência, queimadores ecológicos com baixo consumo de energia, coprocessamento de resíduos perigosos, combustível alternativa, adições ao cimento e recuperação de áreas degradadas.

Ambientalmente comprometida, a indústria cimenteira tem também prestado um serviço de saúde pública ao país com o coprocessamento de resíduos. Por fim, além de suprir a demanda nacional por cimento, a indústria cimenteira tem que aumentar a queima de

combustíveis alternativos, buscar novas fontes de adição ao cimento como a escória de alto-forno que além da reciclagem reduz a emissão de CO<sub>2</sub>, <http://www.cimentoitambe.com.br>.

### 5-REFERÊNCIAS

- AGOPYAN, V.; JOHN, V.M. Durability evaluation on vegetable fibre reinforced materials. *Building Research and Information*, v. 20, n.4, 1992 p.233-235.
- CAMARINI, G. Desempenho de misturas de cimento Portland comum e escória de alto forno submetidas à cura térmica. São Paulo, 1995 (Tese de Doutorado)
- CINCOTTO, M.A.; JOHN, V.M. Cimento alternativo à base de escória de alto-forno. *Construção São Paulo*, n°2204, Mai. 1990. (Encarte Tecnologia de Edificações n°9).
- JOHN, V. M. Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento. São Paulo, 2000. 113p. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.
- JOHN, V.M. Cimentos de escória ativada com silicatos de sódio. São Paulo : EP USP, 1995 (Tese de Doutorado)
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Guia básico de utilização do cimento portland. 7.ed. São Paulo, 2002. 28p. (BT-106)  
[http://www.ecivilnet.com/artigos/cimento\\_portland.htm](http://www.ecivilnet.com/artigos/cimento_portland.htm)