

Anápolis, GO – Fevereiro de 2019

## INFLUENCIA DA CAL HIDRATADA NA MASSA DE CONCRETO CONVENCIONAL

**Yasmin Gabriele Beires Mendes<sup>1</sup>, Jakeliny Miguel de Sousa<sup>2</sup>, Isa Lorena da Silva Barbosa<sup>3</sup>**

### RESUMO

O presente artigo tem como principal objetivo estudar a influência da cal na massa de concreto. Observando esses aspectos pretende-se mostrar que além de melhorar a plasticidade da massa do concreto ela aumentará o rendimento e em alguns casos não altera a resistência, além de proporcionar uma proteção as ferragens, visto que torna a pasta de concreto mais alcalina. Será exposto no decorrer do trabalho o ciclo de hidratação da cal assim como sua obtenção. A metodologia utilizada para a dosagem do concreto foi o EPUSP/IPT sendo fabricado os traços rico, pobre e intermediário, a caracterização dos materiais e os ensaios de compressão foram feitos conforme as NBR's e todos estes, em ensaio de laboratório com o auxílio de ferramentas e equipamentos devidamente adequados. O estudo foi desenvolvido com cimento comum de obra, o CPII Z 32. O concreto foi fabricado com resistência a compressão de 30MPa e abatimento de  $60 \pm 10$  mm. É abordado as características do concreto fresco assim como a do endurecido, comparando posteriormente essas particularidades da massa com e sem o aditivo. O melhor resultado encontrado foi sem o aditivo que obteve 40Mpa de resistência.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Cal hidratada; Concreto; Trabalhabilidade*

### ABSTRACT

The main objective of this article is to study the influence of lime on the concrete mass. Observing these aspects it is intended to show that besides improving the plasticity of the concrete mass it can increase the yield and in some cases the resistance, besides providing a protection of the hardware, as it makes the concrete paste more alkaline. The hydration cycle of the lime as well as its production will be exposed during the course of the work. The methodology used for the dosing of the concrete was EPUSP/IPT being fabricated the rich, poor and intermediate proportions, the characterization of the materials and the compression tests were done according to the NBRs and all these, in laboratory test with the aid of proper tools and equipment. The study was developed with regular cement, with a compressive strength of 30MPa and a reduction of  $60 \pm 10$  mm. The characteristics of the fresh concrete as well as the hardened concrete are discussed, comparing later these particularities of the mass with and without the additive. The best result found was without the additive obtained 40Mpa.

**KEY WORDS:** Hydrated lime; Concrete; Workability

<sup>1</sup> UniEvangélica. yasmingabriele11@gmail.com

<sup>2</sup> UniEvangélica. jakeliny-ms@hotmail.com

<sup>3</sup> Centro Universitário de Anápolis, UniEVANGELICA, Brasil. isa\_barbosa@hotmail.com



## INTRODUÇÃO

Os artigos e revistas de engenharia muito se fala sobre o uso da cal na argamassa lhe proporcionando uma melhor trabalhabilidade, diminuição do atrito entre as partículas e proporcionando uma retenção da água. Observando esses aspectos pretende-se mostrar que além de melhorar a plasticidade da massa do concreto ela aumentará o rendimento e em alguns casos não altera a resistência do mesmo, além de proporcionar uma proteção as ferragens, visto que torna a pasta de concreto mais alcalina. Assim o presente artigo quer demonstrar que a utilização de cal hidratada não é prejudicial a resistência do concreto como outros produtos utilizados em obras.

A metodologia utilizada para a dosagem do concreto foi o EPUSP/IPT o qual precisa caracterizar os materiais para a fabricação dos traços rico, pobre e intermediário e posteriormente a adequação dos mesmos para se obter a melhor relação água/cimento. A caracterização dos materiais e os ensaios de compressão foram feitos conforme as NBR's e todos estes, em ensaio de laboratório com o auxílio de ferramentas e equipamentos devidamente adequados.

O estudo foi desenvolvido com cimento CP II Z 32 que possui de 6 a 14 % de material pozolânico, segundo o boletim da ABCP (2002) e um concreto com resistência a compressão de 30MPa e abatimento de  $60 \pm 10$  mm. Foi abordado as características do concreto fresco assim como a do endurecido, comparando posteriormente essas particularidades da massa com e sem o aditivo.

A cal hidratada utilizada foi a CH I, pois é considerada a mais pura em relação as demais conforme a NBR 7175 ANBT, (2003). Sua adição em maior porcentagem tornou o concreto mais trabalhável e macio, deixando-o sem atrito entre suas partículas comparado ao traço referência.

## MÉTODOS E MATERIAIS

A utilização da cal hidratada em argamassa já é conhecida e normatizada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), desde 2002 alguns pesquisadores vêm estudando a utilização da cal hidratada em massa de concreto com alto teor de adições minerais, utilizando-a para aumentar a alcalinidade do concreto. A cal é um aglomerante aéreo o qual repõem a reserva de hidróxido de cálcio para as reações pozolânicas segundo Dal Ri (2002); Hoppe filho (2002); Stump (2003).

Heikal et al (2000) verificaram que a cal acelera a taxa de hidratação do cimento, diminuindo a porosidade formando uma estrutura mais densa, citando também sobre a reação pozolana com a cal adicionada, tendo como produto final a formação de C-S-H responsável pelo aumento da resistência a compressão. Stump (2003) afirmou que há uma redução nas profundidades de carbonatação e de seus coeficientes de carbonatação acelerada para as misturas contendo cal.

Tutikiam e Dalmolin (2008) explicam que a cal preenche os vazios existentes no cimento e contribui para a eliminação da água em excesso. Já Guimarães, Gomes e Seabra (2004) salientam que a cal contribui na hidratação do cimento por reter a água.

Quarcioni (2008) viabilizou o uso da cal como fonte de suplementar de cálcio e acelerador das reações de hidratação do cimento pois em contato com o ar a cal hidratada reage com o  $\text{CO}_2$  liberando a água retida em suas partículas sendo absorvida pelo cimento, é um processo lento conforme Rago e Cincotto (1999); Pedroso (2009).

P. Mira et al (2002) fizeram análise de raio X e análise termogravimétrica em misturas de concreto com cal, nas idades de 3, 28 e 90 dias. Nos concretos se observou uma maior quantidade de  $\text{Ca(OH)}_2$ . Já as misturas contendo materiais pozolânicos notou-se um teor relativamente alto de C-S-



H. O qual constitui 50 a 60% do volume de sólidos da pasta, sendo este responsável pelas suas propriedades mecânicas Paulon e Kirchheim (2011).

## DOSAGEM DO CONCRETO

O método escolhido para dosagem do concreto foi o EPUSP/IPT pois é um dos mais utilizados no Brasil. Foi desenvolvido pelo Instituto de Pesquisa Tecnológico (IPT) e revisado pela Escola Politécnica de São Paulo Vanderley (2005). O método mostra o comportamento de um concreto dosado entre uma faixa de exigências para um abatimento específico, com materiais escolhidos não sendo necessário outra dosagem para mudar o traço Alvez (2000).

Helene e Tutikian (2011) mostram que essa dosagem visa a mistura ideal e mais econômica utilizando os materiais disponíveis, buscando conciliar a maior economia possível. Ele se baseia em três fases: a primeira é a determinação das características dos materiais, a segunda em determinação do traço intermediário por último o reajuste desse traço variando de 2 em 2% a quantidade de massa seca, fabricando assim os traços pobres e rico, até chegar em uma proporção ideal afirma Campiteli (2004).

Os principais objetivos a serem atendidos são: resistência mecânica, mais especificamente a resistência à compressão; trabalhabilidade, adequada a cada situação específica; durabilidade, frente às solicitações às quais o concreto será exposto durante sua vida útil; e a deformabilidade, necessária à estrutura especificada Tutikian e Helene (2011).

Portanto a dosagem objetiva atender as propriedades definidas, em projeto, do concreto em seu estado fresco e endurecido. Para isso busca determinar a melhor proporção de cada material constituinte do mesmo.

## Concreto

O concreto é sem dúvida um dos materiais mais utilizado no mundo e um bom concreto tem suas características definidas na fase fresca e endurecida segundo Neville e Brooks (2013). Para Petrucci (1998) um concreto de qualidade apresenta consistência suficiente para um bom adensamento e compressão adequada quando endurecido.

A NBR 12655/2015 define o concreto fresco como uma massa homogênea e plástica capaz de ser adensado. Neville e Brooks (2013) dizem que as características de resistência a compressão e durabilidade são bastante afetadas nessa fase pois dependem de uma boa consistência e uma melhor trabalhabilidade, esta última definida por Petrucci (1998) como a somatória de características tal como textura, não segregação dos componentes e retenção de água considerada como oposto de exsudação.

Neville e Brooks (2013) falam da necessidade de esforços extras para se vencer o atrito do concreto com as formas, mesmo com uma trabalhabilidade ótima. Será exposto mais adiante que a adição da cal na massa diminui esse atrito, principalmente entre seus componentes. Outro fator importante é sua consistência definida por Petrucci (1998) e Neville e Brooks (2013) como sendo a facilidade com que ele se deforma a qual influência diretamente na trabalhabilidade, porém são propriedades distintas.

A NBR NM 67 normatiza o *slump test* como um ensaio para medir a trabalhabilidade do concreto. Esse ensaio tem como princípio medir a deformação da massa causada pelo seu próprio



peso. Essa medida de consistência para Petrucci (1998) é aplicada para garantir a constância da relação água/cimento.

A NBR 12655/2006 define o concreto endurecido como o concreto em estado sólido com resistência mecânica. Suas propriedades são a somatória das características como durabilidade, impermeabilidade estabilidade e resistência esta última definida por Neville e Brooks (2013) como a principal ideia de qualidade. Segundo os mesmos autores a resistência está diretamente ligada com a porosidade do concreto e Petrucci (1998) destaca que a porosidade depende da relação água/cimento.

Outro cuidado que se deve ter com o concreto no estado fresco é a temperatura excessiva ocasionando uma perda inapropriada de água. Neville e Brooks (2013) destacam que caso isso ocorra resultará em uma pega acelerada e uma diminuição da resistência mecânica do concreto endurecido a longo prazo. Outro ponto importante sobre a evaporação inapropriada da água, destacado pelo mesmo autor, é a diminuição na velocidade de hidratação do cimento o que ocasiona uma rápida retração por secagem causando uma tensão de tração fazendo aparecer fissuras no concreto endurecido.

É de suma importância o controle do concreto no seu estado fresco pois as propriedades que se manifestarão posteriores a fase fluida é definida na fase inicial do processo de fabricação do concreto. Romano, Cardoso e Pileggi (2011) salientam que a falta de domínio tecnológico e de controle dos materiais irão impactar diretamente em seu estado endurecido. Exemplificam que o simples adicionar mais água, impactará nas características finais do concreto como exsudação, porosidade e diminuição da resistência mecânica.

## Cal hidratada

A cal é um dos ligantes mais antigos e utilizados pela humanidade, ela é um ligante inorgânico produzido a partir de rochas. Composto por basicamente cálcio e magnésio. A cal hidratada é uma substância alcalina, formada quando o óxido de cálcio reage com a água, sendo uma reação exotérmica. Apresentada em forma de um pó muito fino, seu endurecimento ocorre na presença de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) como informa Cincotto, Quarcioni e John (2010). A NBR 7175/2003 classifica a cal hidratada em três tipos as quais se diferem entre si conforme a quantidade de teor de óxidos totais. O quadro abaixo mostra as exigências químicas da cal hidratada.

Tabela 1 Exigências químicas

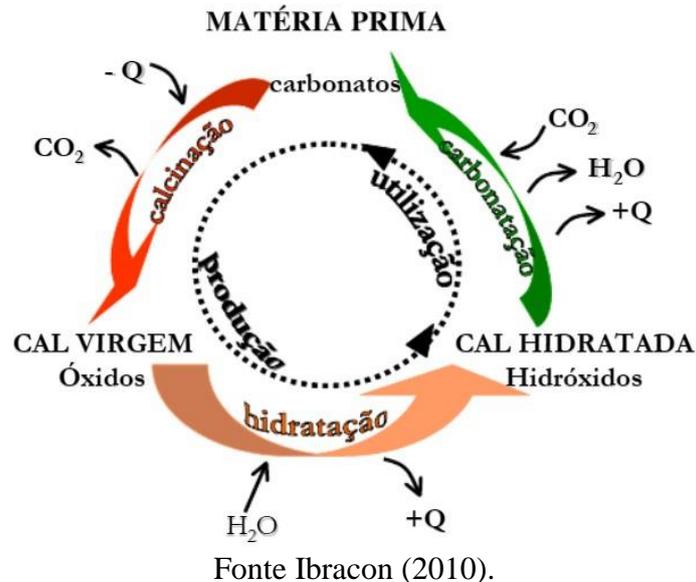
Requisito		Critério limite		
		CH I	CH II	CH III
Anidrido Carbono	Na Fábrica	$\leq 5\%$	$\leq 5\%$	$\leq 13\%$
	No Depósito	$\leq 7\%$	$\leq 7\%$	$\leq 15\%$
Óxido de cálcio e magnésio não hidratados ( $\text{CaO} + \text{MgO}$ )		$\leq 10\%$	$\leq 15\%$	$\leq 15\%$
Óxidos totais na base de não voláteis ( $\text{CaO} + \text{MgO}$ )		$\geq 90\%$	$\geq 88\%$	$\geq 88\%$

Fonte NBR 7175, ABNT (2003)

A cal hidratada é produzida em duas etapas, primeiro há a calcinação da matéria prima seguido da hidratação da cal virgem conforme a figura abaixo.



Figura 1 Transformações da matéria prima e da cal



Paiva, Gomes e Oliveira (2007) ressaltam a importância no controle da qualidade da cal hidratada. Em seu trabalho mostra que apenas uma amostra de cal atendeu as exigências de normas. Guimarães, Gomes e Seabra (2004) reforçam que nem um dos benefícios trazidos pela utilização de cal será observado se ela não for pura. Dentre as opções disponíveis de cal hidratada para este trabalho foi escolhido o tipo CH I, conforme pesquisa ela é considerada a mais pura, de forma que não comprometa os resultados da pesquisa.

## RESULTADO

Este estudo de caso se baseia na comparação de quatro grupos contendo cinco corpos de prova para cada dia que seria feito o ensaio de compressão. O primeiro é o referencial feito para testar o traço e ser o parâmetro para comparar as características do concreto com adição de cal. Os demais são com a adição de cal hidratada, a qual foi substituída, em relação a massa de cimento, por porcentagem começando com 5% e dobrando essa quantidade até 20%.

As proporções de cal foram adicionadas baseadas em estudos feitos por Mira et al (2002) e Mescco (2016) no qual eles também avaliam a influência da cal hidratada. Mescco chegou à conclusão que apenas 5% de adição de cal em relação a massa do cimento não afetou a resistência a compressão do concreto. E por Holppe filho (2002) que usou o máximo de 22%.

Mira foi um pouco mais além em sua pesquisa e observou que para cimentos compostos por cinza volantes houve o aumento da quantidade de C-S-H o que ocasionou, em idades avançadas, uma melhoria constante na resistência a compressão. Essa melhoria também é ressaltada por Holppe Filho em sua tese, já citada anteriormente. As principais características que se pode notar quanto ao estado fresco do concreto são se há ou não a segregação dos materiais, exsudação da água na massa e o *slump test*. Para os quatro grupos de concretos todos apresentaram homogeneidade.

O *slump test* nas Figuras 2 a 6 e a Tabela 2 mostram as trabalhabilidades de cada grupo.



Figura 2 *Slump test* traço referência  
Yasmin,2017



Figura 3 adição de 5% de cal hidratada  
Fonte Yasmin,2017

Fonte



Figura 4 *Slump test* 10% de cal hidratada  
Fonte Yasmin,2017



Figura 5 *Slump test* 10% de cal hidratada  
Fonte Yasmin,2017



Figura 6 Slump test com 20% de cal hidratada  
Fonte Yasmin,2017

Tabela 2 Slump test

Slump test	
Traço referência	55 mm
Com 5% de cal hidratada	100 mm
Com 10% de cal hidratada	150 mm
Com 20% de cal hidratada	130 mm

Fonte Yasmin, 2017

O gráfico 1 mostra a evolução da resistência a compressão do traço referencial, com adição de 5% de cal hidratada, 10% e 20%.

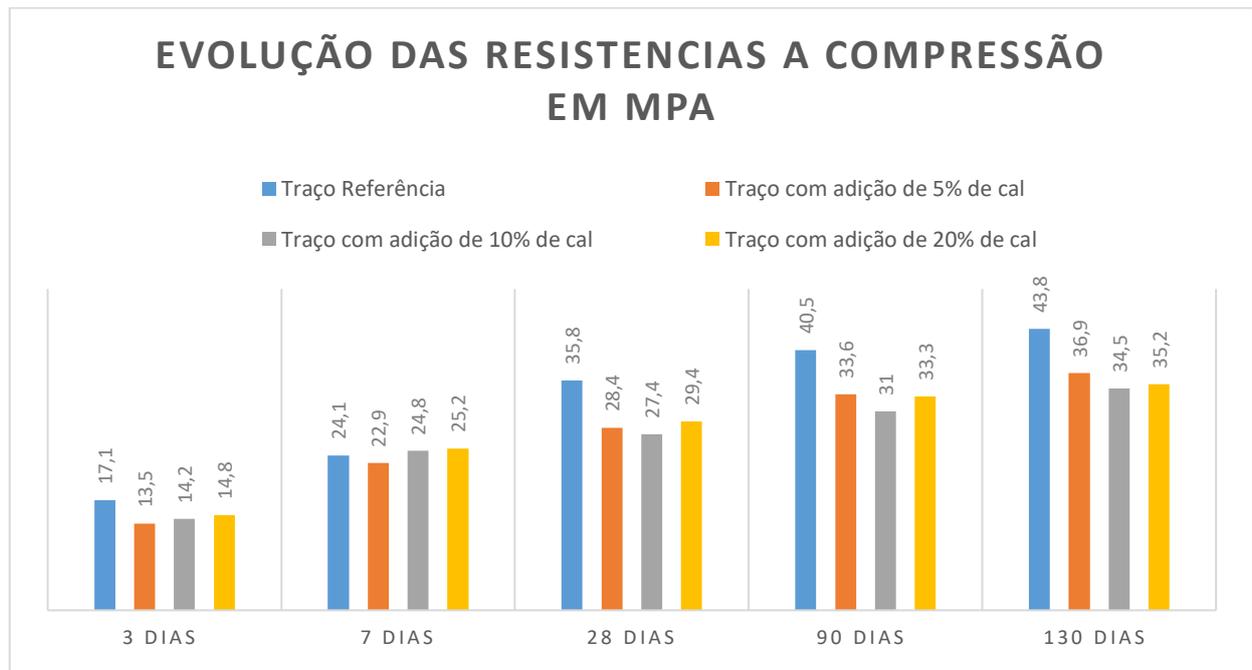


Gráfico 1 Resistência a compressão dos grupos de concreto, fonte Yasmin,2017

## CONCLUSÃO

O estudo realizado analisou a influência da cal hidratada no concreto. Obteve-se resultados satisfatórios, visto que, apesar da discrepância dos grupos contendo a adição de cal, com o traço referência observou que todos os corpos de prova atingiram a resistência a compressão desejável de 30 Mpa.

O grupo que melhor se destacou foi o de adição de 20%, pois ele preencheu os vazios do concreto, diminuindo assim o atrito entre seus componentes, facilitando seu manuseio e sua compactação durante a moldagem do corpo de prova e

Os demais grupos com adição de 5% e 10% apresentaram melhora na sua trabalhabilidade e diminuição dos atritos de maneira menos expressiva que o grupo com 20%. Observou também que a quantidade de massa, ao final de cada moldagem dos corpos de prova excediam, conforme aumentávamos a quantidade de cal.

A cal hidratada ocasionou uma diminuição na resistência a compressão comparado com traço referência, porém o traço foi elaborado para um concreto com resistência a compressão de 30Mpa e todos os grupos ultrapassaram a resistência desejada em 90 dias e continuaram ganhando resistência como o desejado.

## REFERÊNCIAS

ALVES, A. S. Efeitos físicos e químicos de mistura pozolânicas na carbonatação e penetrabilidade à água em concretos de alto desempenho. Santa Maria, 2000. 117p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, 2000.



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND  
**Guia básico de utilização do cimento portland.**  
7.ed. São Paulo, 2002. 28p. (BT-106)

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2006.**

\_\_\_\_. **NBR 5738 – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2015.**

\_\_\_\_. **NBR 5739 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova-cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.**

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

\_\_\_\_. **NBR 7175 – Cal hidratada para argamassas - Requisitos. Rio de Janeiro, 2003.**

\_\_\_\_. **NBR 7211 – Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2005.**

\_\_\_\_. **NBR NM 248 – Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.**

\_\_\_\_. **NBR NM 26 – Agregados - Amostragem. Rio de Janeiro, 2001.**

\_\_\_\_. **NBR NM 27 – Agregados – Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório. Rio de Janeiro, 2001.**

\_\_\_\_. **NBR NM 45 – Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.**

\_\_\_\_. **NBR NM 52 – Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2003.**

\_\_\_\_. **NBR NM 53 – Agregado graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009.**

\_\_\_\_. **NBR NM 67 – Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.**

BOGGIO, Aldo J. **Estudo comparativo de métodos de dosagem de concretos de cimento Portland.** Porto Alegre: UFRGS, 2007.

CAMPITELI, V.C. **Concreto de cimento Portland: um método de dosagem.** Revista Engenharia Civil - UM, nº 20. Paraná, 2004.



DAL RI, M. **Efeitos da adição da cal hidratada em concretos com altos teores de adição mineral na penetração da cal hidratada em concretos com altos teores de adição mineral na penetração de cloretos e na solução aquosa dos poros do concreto.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria,2002.

GUIMARÃES, J. E. P.; GOMES, R. D.; SEABRA, M. A. **Guia das argamassas nas construções:** construindo para sempre com cal hidratada. 8. ed. São Paulo: Associação Brasileira de Produtores de Cal, 2004.

HEIKAL, M.; EL-DIDAMONY, H.; MORSY, M. S. **Limestone-filled pozzolanic cement.** Cement and Concrete Research vol.30, n° 11, p. 1827-1834,2000.

HELENE, P. R. L.; TERZIAN, P. R. **Manual e dosagem e controle do concreto.** São Paulo: PINI, 1993.

HOPPE FILHO, J. **Efeitos da adição de cal hidratada sobre a permeabilidade ao oxigênio e absorção capilar de concreto com altos teores de adições minerais.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria,2002.

IBRACON. **Concreto: Ciência e tecnologia.** ed. G.C. Isaia. 1. ed. São Paulo, 2011. 1946p. 1v, 2v.

IBRACON. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais.** ed. G.C. Isaia. 2. ed. São Paulo, 2010. 1712p. 1v.

MESCCO, Juan Francisco Pacco. **Efecto de la adición de cal en la resistencia a la compresión de un concreto.** Dissertação (Graduação) - UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, PUNO,2016. Disponível em: <[https://likedoc.org/the-philosophy-of-money.html?utm\\_source=pacco-mescco-juan-francisco](https://likedoc.org/the-philosophy-of-money.html?utm_source=pacco-mescco-juan-francisco)>. Acesso em: 12/01/2018.

MIRA, P.; PAPADAKIS, V. G.; TSIMAS, S. **Effect of lime putty addition on structural and durability properties of concrete.** Cement and Concrete Research vol.32,2002

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto.** 2. ed. São Paulo: Pini, 1997. 828p.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 448 p.

PAIVA, Sérgio Carvalho; GOMES, Eduardo Alves de Oliveira ; OLIVEIRA, Romilde Almeida de. **Controle de qualidade da cal para argamassas - metodologias alternativas.** Revista ciências & tecnologia, Campinas, São Paulo, 2007. Disponível em: <[http://www.unicap.br/revistas/revista\\_e/artigo8.pdf](http://www.unicap.br/revistas/revista_e/artigo8.pdf)>. Acesso em: 12/01/2018.

PEDROSO, F. L. Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem. **Revista Concreto e Construção:** IBRACON, n. 53, p. 14-19, 2009. ISSN 1809-7197.



# ETIS

Journal of Engineering,  
Technology, Innovation  
and Sustainability

PETRUCCI, Eládio Geraldo Requião. **Concreto de cimento Portland. 9. ed. Atualizada e rev. /por Vladimir Antonio Paulon. Porto Alegre – Rio de Janeiro: Globo, 1982.**

QUARCIONI, V. A. **Influência da cal hidratada nas idades iniciais da hidratação do cimento Portland – estudo em pasta.** 2008. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

RAGO, F.; CINCOTTO, M. A. Influência do tipo de cal hidratada na reologia de pastas. **Boletim técnico da escola politécnica da USP.** São Paulo, 1999. 29 p. ISSN 0103-9830.

SILVA, B. A. **Análise da influência do tipo de cura na resistência à compressão de corpos-de-prova de concreto.** 2009. Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, ITA (Instituto Tecnológico da Aeronáutica), São Paulo, 2009.

STUMPP, M. J. **Carbonatação de concretos com altos teores de adições minerais e cal hidratada.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

TUTIKIAN, B.; DAL MOLIN, D. C. **Concreto auto adensável.** São Paulo: PINI, 2008. 140 p.

VANDERLEI, Romel Dias. **Método de dosagem EPUSP/IPT.**  
<http://www.gdace.uem.br/romel/MDidatico/ConcretosEspeciais/PEU4025-Aula09-Metodo%20de%20Dosagem.pdf>. 10/03/2018.