

**Variação da resistência a compressão axial do concreto de cimento Portland com adição de detergente como aditivo incorporador de ar**

**Variation of resistance to axial compression of the Portland cement concrete with addition of detergent as additive air incorporator**

**Variación de la resistencia la compresión axial del concreto de cementos Portland con adición de detergente como aditivo incorporador de aire**

**Pedro Emílio Amador Salomão**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9451-3111>

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil

E-mail: [pedro.salomao@ufvjm.edu.br](mailto:pedro.salomao@ufvjm.edu.br) / [pedroemilioamador@yahoo.com.br](mailto:pedroemilioamador@yahoo.com.br)

**Luiz Fernando Luz Keller**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5010-0638>

Universidade Presidente Antônio Carlos, Brasil

E-mail: [luizkeller.engc@gmail.com](mailto:luizkeller.engc@gmail.com)

**Arnon Roberto Rhis**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4617-7333>

Universidade Presidente Antônio Carlos, Brasil

E-mail: [profarnon@gmail.com](mailto:profarnon@gmail.com)

**Sandro Sofia Figueredo Coelho**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7196-4945>

Universidade Presidente Antônio Carlos, Brasil

E-mail: [sandrasofiaunipac@hotmail.com](mailto:sandrasofiaunipac@hotmail.com)

Recebido: 07/01/2019 | Revisado: 31/01/2019 | Aceito: 02/02/2019 | Publicado: 26/02/2019

**Resumo**

O concreto simples, mistura obtida a partir da mistura de cimento, agregados (areia e brita) e água, pode ser considerado hoje, como o material de construção mais utilizado. Buscando melhorar ainda as características mecânicas do concreto; resistência a compressão, resistência a abrasão, permeabilidade, peso próprio e até mesmo o tempo de cura, diversos materiais e aditivos vêm sendo adicionados a mistura. O presente artigo tem por objetivo investigar a

variação da resistência a compressão e do peso específico do concreto de cimento Portland com adição de detergente, com a função de um aditivo incorporador de ar. Para isso foram feitos testes de pesagem e de compressão axial em corpos de prova moldados com três traços diferentes, sendo um deles sem adição de detergente e dois deles com acréscimo de detergente nas porcentagens de 0,125% e 0,250% em relação a quantidade de cimento determinado para a mistura. Através dos testes realizados, verificou-se a diminuição, tanto do peso como da resistência, de forma exponencial, assim sendo, quanto maior a porcentagem de detergente, em relação ao cimento, maior redução do peso e da resistência. Ainda notou-se uma redução na quantidade de água necessária a mistura para garantir uma boa consistência e trabalhabilidade.

**Palavras-chave:** Concreto; detergente; incorporador de ar; resistência a compressão.

### **Abstract**

The simple concrete, obtained material from the mixture of cement, aggregates (sand and gravel) and water, can be considered today as the most used construction material. Seeking to further improve the mechanical characteristics of the concrete; resistance to compression, abrasion resistance, permeability, proper weight and even curing time, various materials and additives have been added to the blend. In order to analyze the physical and mechanical characteristics of Portland cement concrete, by adding detergent as an air-entraining additive, this research was started. For this, weighed and axial compression tests were carried out on molded test pieces with three different traces, one of them without addition of detergent and two of them with addition of detergent in the percentages of 0.125% and 0.250% in relation to the quantity of cement determined for the mixture. Through the tests carried out, the weight and resistance decrease was observed in an exponential way, thus, the higher the percentage of detergent, in relation to the cement, the greater reduction of weight and resistance. A reduction in the amount of water required for mixing has also been noted to ensure good consistency and workability.

**Keywords:** Concrete; detergent; incorporating air; resistance to compression

### **Resumen**

El concreto simple, mezcla obtenida a partir de la mezcla de cemento, agregados (arena y brita) y agua, puede ser considerado hoy, como el material de construcción más utilizado.

Buscando aún mejor las características mecánicas del concreto; resistencia a la compresión, resistencia a la abrasión, permeabilidad, peso propio e incluso el tiempo de curado, diversos materiales y aditivos han sido añadidos a la mezcla. El presente artículo tiene por objetivo investigar la variación de la resistencia a la compresión y del peso específico del concreto de cemento Portland con adición de detergente, con la función de un aditivo incorporador de aire. Para ello se realizaron pruebas de pesaje y compresión axial en cuerpos de prueba moldeados con tres rasgos diferentes, siendo uno de ellos sin adición de detergente y dos de ellos con adición de detergente en los porcentajes de 0,125% y 0,250% en relación a la cantidad de cemento determinado para la mezcla. A través de las pruebas realizadas, se verificó la disminución, tanto del peso y de la resistencia, de forma exponencial, así, cuanto mayor el porcentaje de detergente, en relación al cemento, mayor reducción del peso y de la resistencia. Aún se notó una reducción en la cantidad de agua necesaria para la mezcla para garantizar una buena consistencia y trabajabilidad.

**Palabras clave:** Hormigón; detergente; incorporador de aire; resistencia a la compresión.

## 1. Introdução

Desde o início da sua utilização pelo homem, o concreto evoluiu muito. Cerca de 300 A.C. a 476 A.C. em Roma, iniciou a sua utilização em moradias, fundações e muros. O concreto, superou todos os limites e fronteiras do conhecimento em engenharia de projeto e de construção. Trata-se do material de construção estrutural descoberto pela engenharia, o qual ainda se encontra em franca evolução, não sendo possível prever seu futuro e nem definir seus limites. A história recente tem demonstrado que ainda vale a pena pesquisar, projetar, dosar, construir, sempre buscando tirar mais proveito desse versátil material de construção, explorando seu elevado desempenho e usando-o corretamente sob o ponto de vista da proteção ambiental e da sustentabilidade.

Devido ao enorme progresso das pesquisas e materiais desenvolvidos para a confecção do concreto de cimento *Portland*, hoje este material é altamente utilizado pela engenharia em diversos campos e áreas, muitas das vezes em ambientes e condições extremamente agressivas. O homem vem criando diferentes tipos de concreto para se adaptar aos desafios impostos pela engenharia em diversos tipos de uso. Podendo ser encontrado até mesmo em fundações de plataformas petrolíferas nos oceanos, enterrado a centenas de metros abaixo da

superfície, em grandes construções de obras de arte como pontes, ou mesmo em arranha-céus a mais de duzentos metros de altura no Brasil e a mais de oitocentos metros de altura no mundo.

Grandes desafios vem sendo vencidos com a tecnologia de concretos atual, entretanto alguns deles, como aumentar a durabilidade das estruturas, recuperar as estruturas danificadas e entender o complexo mecanismo químico e mecânico dos cimentos e concretos ainda necessitam de estudos específicos. Com os avanços da tecnologia, vem se desenvolvendo uma nova geração de concretos especiais: Concreto de alto desempenho, Concreto compactado com rolo, Concreto projetado, Concreto protendido e concreto com adição de fibras ou aditivos.

Neste trabalho serão estudados e avaliados os efeitos físicos e mecânicos causados ao concreto de cimento *Portland* com a adição de detergente (alquil benzeno sulfonato de sódio linear) como AIA (aditivo incorporador de ar). Desse modo, o presente artigo tem por objetivo investigar a variação da resistência a compressão e do peso específico do concreto de cimento Portland com adição de detergente, com a função de um aditivo incorporador de ar.

## 1.1 Concreto

De modo geral, o concreto pode ser definido como um produto ou massa, produzido a partir da utilização de um meio cimentante, geralmente produto da mistura de cimento e água, acrescido de agregados.

Podendo ser produzido com diversas opções de cimento, além da utilização de pozolanas, como sílica ativa, escória de alto-forno, aditivos, cinza volante, agregados de concreto reciclado, adição de minerais, polímeros e fibras. O concreto também pode ser prensado, alto clavado, tratado a vácuo, prensado, aquecido, curado a vapor, extrudado ou projetado. Neste trabalho, considera-se, como concreto, apenas a mistura de cimento, água, agregado graúdos (brita), agregado miúdo (areia) e aditivo.

O cimento, mistura proveniente da moagem de clínquer Portland, é um aglomerante hidráulico composto por argila e calcário, cuja coloração se assemelha as pedras da ilha de Portland, conferindo-lhe o nome de cimento Portland.

Insumos minerais sólidos e inertes, os agregados para concreto, de acordo com a granulometria apropriada, são empregados para a fabricação de artigos artificiais resistentes.

A porosidade, a distribuição granulométrica, a absorção de água, o formato, a resistência à compressão e tipo de substâncias presentes, são características proeminentes do agregado para a composição do concreto. Os agregados são qualificados como artificiais quando as areias e pedras são provenientes da britagem de pedras, pois carecem da ação do homem para modificar a dimensão dos grãos ou naturais, quando as areias são extraídas de rios ou barrancos e os seixos rolados (pedras do leito dos rios), ou seja, aqueles já dispostos na natureza.

Agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150  $\mu$ m, em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1.

Agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm, em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1.

O detergente, como é popularmente conhecido e comercializado, é um produto sintético originado do petróleo, tendo como principal substância o ABSL (alquil benzeno sulfonato de sódio linear). É considerado também como um tensoativo, substâncias que apresentam afinidade por soluções com líquidos, característica que permite sua utilização como conciliadores das fases imiscíveis e defloculante, formando emulsões e espumas, propiciando a umectação do meio em que se encontra.

## **2. Metodologia**

A natureza deste trabalho é descritiva, onde serão relacionadas as variáveis obtidas em ensaio de resistência a compressão característica do concreto. As fontes de pesquisa são em parte primária e em parte secundárias. Os resultados deste trabalho serão tratados de maneira qualitativa e quantitativa.

Para a construção deste trabalho, iniciou-se pesquisando o assunto proposto a fim de levantar informações necessárias que embasassem o estudo. Através de revisão bibliográfica notou-se a falta de artigos pertinentes ao tema, trazendo a tona a necessidade de um estudo aprofundado, realizando uma pesquisa experimental.

Para a determinação do traço de concreto tomou-se como base a tabela caldas branco. Foi utilizado o traço de 15MPa de resistência e calculada quantidade suficiente que atendesse a execução do procedimento de Slump teste e confecção de quatro corpos de prova para cada um dos três traços estudados.

Iniciou-se o preparo do traço de concreto através da pesagem de cada um dos materiais, sendo estes, reservados para posterior adição à mistura, rodada em betoneira. A adição do material à betoneira ocorreu na seguinte ordem: cimento, água, brita, aditivo e areia. Ligou-se a betoneira com a totalidade do cimento e oitenta por cento da água até a homogeneização da pasta de cimento, posteriormente adicionou-se a brita o aditivo e a areia, respectivamente. Cada adição ocorreu com intervalos de aproximadamente cinco minutos e com a betoneira ligada, a fim de garantir uma melhor mistura. O restante da água foi adicionado ao fim do processo até atingir a consistência ideal.

Após pronta a mistura, ainda com a betoneira ligada, o concreto foi despejado no carrinho de mão para início do Slump teste, executado da seguinte forma: com o tronco de cone sobre a chapa metálica, pisa-se sobre as abas do troco de cone e adiciona-se concreto até um terço do seu volume, com uma haste circular metálica infere-se vinte e cinco golpes, sem tocar a chapa ao fundo, para adensar a primeira camada do concreto no troco de cone, em seguida, adiciona-se mais um terço do seu volume seguido de mais vinte e cinco golpes, sem penetrar a primeira camada, preenche-se o restante do tronco de cone com concreto e aplica-se mais vinte e cinco golpes sem penetrar a segunda camada de concreto, a superfície do concreto deve ser acertado com auxílio da própria haste metálica.

Quando cheio de concreto, o troco de cone deve ser fixado com as mãos para que se retire os pés, um de cada vez, que o fixava e lentamente retira-se o tronco de cone, para cima, coloca-o de cabeça para baixo ao lado do volume de concreto, e sobre o troco de cone coloca-se a haste metálica de forma que esta fique sobre a amostra de concreto, medindo assim, com uma régua, o abatimento do concreto (Figura 1).

**Figura 1 – Slump teste, abatimento do concreto**



Fonte: Autoria própria.

Mistura-se, ainda no carrinho de mão, o restante do concreto, para iniciar a moldagem dos corpos de prova com dimensões de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura. Com as formas de aço devidamente preparadas, coloca-se concreto até a metade do seu volume, aplicando-se doze golpes, com a haste metálica, para adensar o concreto, completa-se o molde e repetem-se os doze golpes, logo após, deve-se nivelar o concreto com a borda da forma.

A cura inicial dos moldes, ainda em forma, foi feita em temperatura ambiente e em local protegido da luz do sol e outras intempéries.

Os corpos de prova foram desinformados quarenta e oito horas após a moldagem, identificados e em seguida colocados em um tanque com solução de hidróxido de cal, onde permaneceram até o vigésimo oitavo dia de cura.

Após vinte e oito dias de cura, os corpos de prova foram retirados do tanque e levados até a retífica facetadora (Figura 2), a fim de regularizar suas extremidades para que a força aplicada sobre ele se distribua por igual em toda a superfície, garantindo maior precisão ao aferir a resistência a compressão axial.

**Figura 2 – Retífica facetadora**



Fonte: Autoria própria.

Os corpos de prova foram pesados com auxílio de uma balança digital e posteriormente, utilizando uma prensa hidráulica (Figura 3), foram submetidos ao ensaio de compressão axial para verificar a resistência atingida por cada um dos traços ao fim dos vinte e oito dias de cura em solução de hidróxido de cálcio.

**Figura 3 – Prensa hidráulica**





### 3. Resultados e Discussão

Durante a determinação das quantidades de materiais a serem utilizadas no preparo dos traços, foi identificado que a resistência do concreto está diretamente ligada a proporção água/cimento da mistura, estabelecida em 0,6/1 para os traços desta pesquisa. Segundo a metodologia proposta, tomou-se como base de cálculo dos materiais, o traço de 15 MPa de resistência aos 28 dias de cura, que está descrito na tabela Caldas branco como 1:2,5:5 (um por dois e meio por cinco) para C:A:B (Cimento; Areia; Brita). As quantidades de material calculada e estabelecida para os traços (Tabela 1), em volume, foram de quatro litros de cimento, que corresponde a massa de 4,780 kg, dez litros de areia, equivalente a 11,950 kg, vinte litros de brita número dois, correspondente a 23,200 kg e dois litros e meio de água, tendo esta densidade quase igual a 1000 kg/m<sup>3</sup>, sua massa é a mesma do volume, ou seja, dois quilos e quinhentas gramas.

Tabela 1 – Quantidade de material utilizado nos traços

Traço 1:2,5:5				
Consumo	Cimento	Areia	Brita	Água
Volume (L)	4	10	20	2,5
Massa (kg)	4,780	11,950	23,200	2,500

Fonte: Aatoria própria.

A quantidade de detergente foi definida com relação a quantidade de cimento utilizado. O Traço 1 foi desenvolvido sem adição de detergente, no Traço 2 a quantidade de detergente utilizada foi de 5ml, que representa 0,125% da quantidade de cimento, já no Traço 3 foram adicionados 10ml de detergente, ou seja, 0,250% da quantidade de cimento.

Ainda durante o preparo da mistura, foi observada a necessidade de acrescentar água numa quantidade um pouco maior que a calculada, a fim de uma boa hidratação do cimento. Para atingir uma boa consistência, foi adicionado trinta por cento a mais de água no traço sem adição de detergente e dezessete por cento a mais de água nos traços com adição de detergente.

O aumento da quantidade de água adicionada aos traços, influenciou nos resultados do Slump teste (Tabela 2), onde os abatimentos se mostraram próximos entre o Traço 1 e o Traço

2, atingindo os valores de seis centímetros e oito milímetros no Traço 1 e seis centímetros e três milímetros no Traço 2, já o Traço 3 apresentou um valor maior, abatimento de dez centímetros e cinco milímetros, devido ao uso de uma quantidade maior do tensoativo que proporcionou maior molhabilidade e umectação à água na mistura.

Tabela 2 – Abatimento do concreto no Slump teste

Traço 1 (sem detergente)	Traço 2 (adição de 5ml do AIA)	Traço 3 (adição de 10ml do AIA)
6,8 cm	6,3 cm	10,5 cm

Fonte: Autoria própria.

Tendo a sua tensão superficial diminuída, a água passou a ter um maior poder de umectação, tornando o concreto do Traço 3 mais fluido, aumentando o valor do abatimento neste traço. O Traço 2 apresentou um valor de abatimento bem próximo ao do Traço 1 (Figura 4), uma vez que a quantidade de água foi menor com a adição do tensoativo. Mesmo que em menor quantidade, o volume de água adicionado se fez satisfatório para uma boa hidratação do cimento dado que a mesma teve o seu poder de umectação aumentado pela quantidade do tensoativo presente na mistura.

**Figura 4 - Abatimento aferido no Traço 2**



Fonte: Autoria própria.

Após o período de cura, a verificação do peso (Tabela 3) das amostras apresentou variações entre os traços devido ao aumento de espaços vazios causados pela adição do tensoativo. O Traço 1 obteve massa média de três quilos e quinhentas e quarenta e duas gramas, enquanto o Traço 2 apresentou uma redução de cento e três gramas deste valor, apresentando massa média de três quilos e quatrocentos e trinta e nove gramas, já o Traço 3 foi o que alcançou uma maior redução da sua massa, proporcionada pela quantidade maior de espaços vazios, tendo a sua massa aferida em três quilos e duzentas e quarenta e duas gramas.

Tabela 3 – Peso médio do corpo de prova após a cura

Traço	Traço 1	Traço 2	Traço 3
Peso médio (kg)	3,542 kg	3,439 kg	3,242 kg

Fonte: Autoria própria.

Notou-se uma redução de peso nas amostras de concreto com adição de detergente, comparadas às amostras do Traço 1, tendo uma redução de 2,82% do peso nas amostras do Traço 2 e 8,47% nas amostras do Traço 3. Esta redução de peso se dá devido às microbolhas de ar criadas na mistura pela adição do tensoativo, causadas pela agitação da mistura durante o preparo.

Quando submetidas ao ensaio de compressão axial, as quatro amostras testadas de cada traço, não apresentaram significantes diferenças entre elas nas resistências atingidas. A resistência média atingida (Tabela 4) pelos Traço 1 e Traço 2 apresentam valores similares, com diferença de apenas 0,64 MPa, enquanto o Traço 3 resiste a menores esforços por ter atingido apenas 7,25 MPa de resistência, que representa menos da metade da resistência atingida pelo Traço 1.

Tabela 4 – Resistência média a compressão axial

Traço	Traço 1	Traço 2	Traço 3
Resistência aos 28 dias	14,64 MPa	14,00 MPa	7,25 MPa

Fonte: Autoria própria.

O Traço 2, com adição de 5ml de detergente, apresentou uma redução de 4,37% na resistência se comparado ao Traço 1, enquanto o Traço 3 perdeu mais da metade da resistência com a adição de 10ml de detergente, se comparado ao Traço 1, perdeu 50,48% da resistência.

#### 4. Conclusão

Através dos estudos realizados neste trabalho, foi possível concluir que em quantidades até 0,125% de detergente, como aditivo incorporador de ar, a matriz não tem perda significativa das suas características físicas e mecânicas, entretanto, mesmo com a redução de peso se mostrando pequena, ainda se torna viável o uso de tensoativos a base de alquil benzeno sulfonato de sódio linear em grandes estruturas a fim de aliviar parte da tensão provocada no solo e até mesmo para efeito de cálculos estruturais uma vez que estes dependem também do peso próprio do concreto. Com a redução da quantidade de água necessária para a confecção dos traços com detergente, estes tornam-se uma boa alternativa não só para locais com difícil acesso a este recurso mas também como forma de sustentabilidade. Já com a utilização de uma porcentagem maior de detergente, a resistência se perde em mais da metade, enquanto a diminuição de peso não é proporcional a perda da resistência, entretanto o traço se mostrou perfeitamente capaz de ser aplicado em uso não estrutural, ou sem grandes solicitações, como correções e regularizações, até mesmo substituindo vários outros aditivos utilizados na confecção dos concretos leves.

#### REFERÊNCIAS

ABNT, N. (2015). 5738 (2015)-Concreto-Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. *IX EPCC–Encontro Internacional de Produção Científica UniCesumar*, (9), 4-8.

Composto, A. C. P. (1991). NBR 11578. *Rio de Janeiro*.

Portland, A. C. P. (2011) NBR 11768. *Rio de Janeiro*.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2006). NBR 12655: Concreto de cimento Portland. Preparo, controle e recebimento. Procedimento.

BAUER, L. (2000). Falcão. *Materiais de Construção. Vol. 2. Rio de Janeiro: LTC Editora*.

Daltin, D. (2011). *Tensoativos: química, propriedades e aplicações. São Paulo: Blucher*.

Isaia, G. C. (Ed.). (2007). *Materiais de construção civil e princípios de ciências e engenharia de materiais*. Ibracon.

Helene, P., & TUTIKIAN, B. (2005). Dosagem dos concretos de cimento Portland. *Concreto: ensino, pesquisa e realizações*. São Paulo: IBRACON, 2, 439-471.

Kaefer, L. F. (1998). A evolução do concreto armado. *São Paulo*, 43.

Martins, L. M., Mendes, J. C., & Rodrigues, R. U. V. (2017). Uso do linear alquil benzeno sulfonato de sódio como aditivo incorporador de ar. *IX SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE*, 9.

Mendes, J. C., Moro, T. K., dos Santos Batista, J. O., Maria, J., de Carvalho, F., Silva, G. J. B., & Peixoto, R. A. F. Análise morfológica e microestrutural de argamassas com Aditivo Incorporador de Ar.

Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2008). *Concreto: microestrutura, propriedades e materiais*. Ibracon.

NBR, N. (1998). 33: Concreto—amostragem de concreto fresco. *Associação Brasileira de Normas Técnicas—ABNT, Rio de Janeiro, Brasil*.

Neville, A. M. (2013). *Tecnologia do concreto*. Bookman Editora.

OS 5 EDIFÍCIOS MAIS ALTOS DO BRASIL E DO MUNDO. SIENGE. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/edificios-mais-altos-do-brasil-e-do-mundo-voce-sabe-quais-sao/>> Acesso em: 02 nov. 2018.

Recena, F. A. P. (2002). *Dosagem e controle da qualidade de concretos convencionais de cimento Portland*. Edipucrs.

Salomão, PEA, Porto, TB, Cabrai, SC, da Silva, WL, & de Oliveira, ANS (2018). Elaboração de tabelas para a dosagem de concreto com base nos agregados utilizados no Nordeste Mineiro. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, 7 (4), 1.

Silva, A. B. D., & Maciel, J. C. S. (2014). Viabilidade técnica da utilização de concretos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. *REVISTA IGAPÓ-Revista de Educação Ciência e Tecnologia do IFAM*, 3.

NBR, A. (2009). NBR 7211: Agregados para concreto-Especificação. *Rio de Janeiro*.

**Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Pedro Emílio Amador Salomão - 40%

Luiz Fernando Luz Keller - 20%

Arnon Roberto Rhis - 20%

Sandro Sofia Figueredo Coelho - 20%