

Desenvolvimento de modelo matemático para a determinação do consumo de água de concretos secos

GETÚLIO CÉSAR SILVEIRA – ENG. CIVIL (getulio_cesar@live.com) – CAIBI ARTEFATOS DE CIMENTO;
ARTHUR MEDEIROS – DOUTOR (ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2061-0108>) – UTFPR;
LUIZ ALBERTO TREVISOL JÚNIOR – MESTRE – Hobi S/A Mineração de Areia e Concreto

RESUMO

O CONCRETO SECO TEM DIVERSAS APLICAÇÕES NA CONSTRUÇÃO CIVIL, CONTUDO A DOSAGEM DE CONCRETO SECO NÃO É PADRONIZADA COMO EM CONCRETOS CONVENCIONAIS. AO LONGO DOS ANOS, VÁRIOS MÉTODOS DE DOSAGEM PARA CONCRETO SECO FORAM DESENVOLVIDOS, NO ENTANTO, A MAIORIA DESTES FORAM BASEADOS EM CURVAS ÓTIMAS DE AGREGADOS DESENVOLVIDAS COM UM TIPO ESPECÍFICO DE AGREGADO E VIBROPRESSA, SENDO ASSIM NÃO CONTEMPLAM A REALIDADE DE MUITAS EMPRESAS E DEMANDAM AJUSTES EM PRODUÇÃO. NESTE TRABALHO, FOI DESENVOLVIDO UM MODELO MATEMÁTICO QUE DETERMINA O CONSUMO DE ÁGUA POR METRO CÚBICO DE CONCRETOS SECOS COM TEMPO VÊBE ENTRE 18 E 32 SEGUNDOS, CUJA AS VARIÁVEIS SÃO O COEFICIENTE DE FORMA MÉDIO DOS GRÃOS, DEMANDA DE ÁGUA DOS MATERIAIS E EMPACOTAMENTO GRANULAR DA MISTURA SECA. FOI OBTIDO UM MODELO MATEMÁTICO QUE REPRATA A REALIDADE, COM VARIAÇÕES POUCO SIGNIFICANTES PARA UMA PRODUÇÃO (MENOS DE 6%). A CRIAÇÃO DESTES MODELO POSSIBILITA TESTAR O CONSUMO DE ÁGUA DE VÁRIOS MATERIAIS DE FORMA VIRTUAL, OBTENDO UMA OTIMIZAÇÃO DE FORMA MAIS RÁPIDA E MENOS ONEROSA.

PALAVRAS-CHAVE: EMPACOTAMENTO, DEMANDA DE ÁGUA, FORMATO DE GRÃO, DOSAGEM, OTIMIZAÇÃO.

1. INTRODUÇÃO

O concreto seco, assim como o concreto convencional é composto por aglomerante, agregados miúdos e graúdos, podendo ser adicionados aditivos e/ou adições. As propriedades deste concreto no estado fresco são fundamentais para o melhoramento das suas propriedades no estado endurecido. Se a trabalhabilidade for muito baixa, o concreto não vai obter

a sua máxima compactação, se for muito alta, o material vai aderir na vibroprensa durante o processo, impossibilitando a pro-

dução. Sendo assim, a influência é direta. A trabalhabilidade do concreto seco é avaliada pelo ensaio de Vêbe (ASTM 1170, 2020).

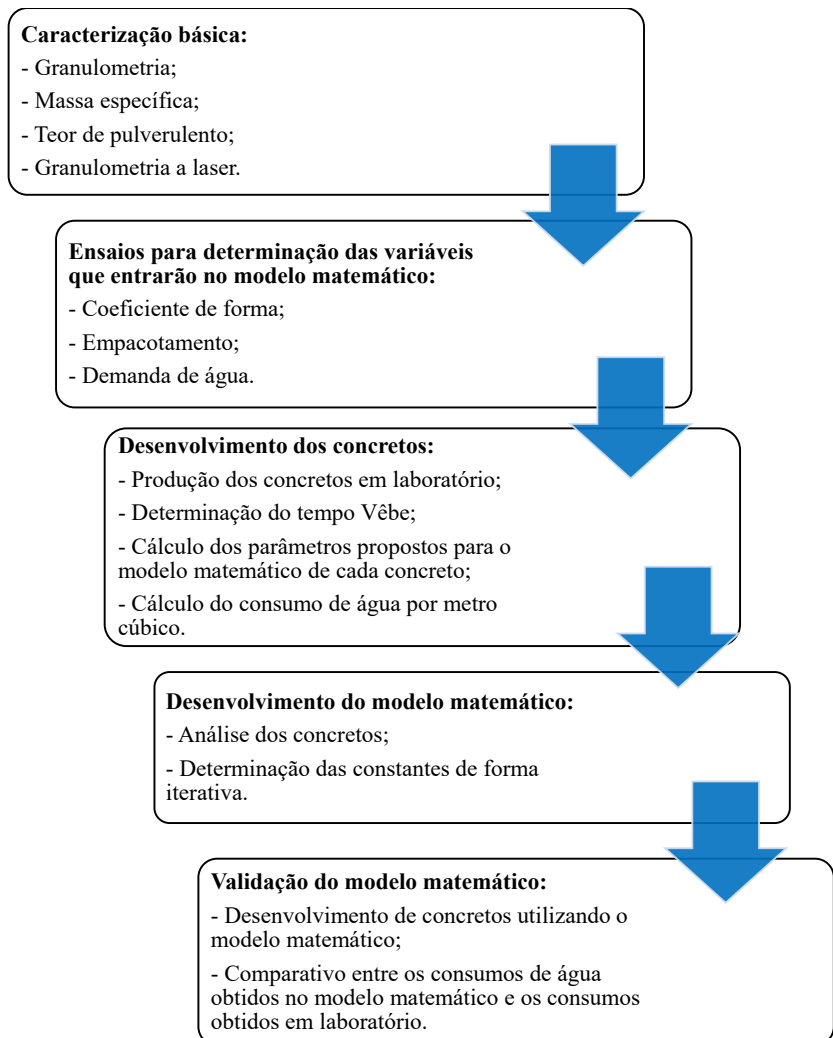


FIGURA 1
FLUXOGRAMA DE ATIVIDADES

Apesar da importância do estudo do estado fresco deste tipo de concreto, a maioria dos métodos de dosagem possuem poucas considerações a respeito em sua formulação. Métodos clássicos, como o método de Columbia, método de Dowson e método de Besser, são baseados em curvas granulométricas idealizadas desenvolvidas para um tipo específico de material, não levando em consideração os diferentes formatos de grãos, empacotamentos granulares e superfícies específicas dos diferentes materiais.

Visto a importância das propriedades do concreto no estado fresco e que poucas são contabilizadas nos métodos de dosagem, foi desenvolvido um modelo matemático, baseado nas características dos materiais constituintes do concreto, para a determinação do consumo de água nos concretos secos, com ensaio de Vêbe entre 18 e 32 segundos. Este modelo tem como variáveis o consumo de cimento e de agregados por metro cúbico, o coeficiente de forma da mistura granular (método GTec-UFSC (WEIDMANN, 2008)), empacotamento da mistura granular seca (método do empacotamento compressível) e demanda de água dos materiais (ensaio desenvolvido neste trabalho).

O desenvolvimento desse modelo matemático pode colaborar para um maior entendimento da influência das características dos materiais no consumo de água e possibilita uma melhor otimização nos traços. De maneira virtual, é possível

testar várias proporções de agregados e verificar qual resultaria em um concreto com melhor empacotamento e menor consumo de água. Sendo estes indicativos de resistência, o modelo matemático proporciona um melhor aproveitamento de materiais, gerando assim uma economia financeira e ambiental pela redução no consumo de cimento.

2. METODOLOGIA E MATERIAIS

Nesta seção serão apresentados os ensaios realizados, os materiais e a metodologia para desenvolver os traços e o modelo matemático.

Na Figura 1, está apresentado o fluxograma seguido para desenvolver o modelo matemático.

2.1 Materiais

Nesta pesquisa foram utilizados nove agregados diferentes para a produção dos concretos conforme a Tabela 1.

As areias naturais de cava AN1 e AN2 são provenientes de cavas diferentes. A areia britada AB1 é obtida por britagem secundária e lavagem. As areias britadas AB2 e AB3 têm o material pulverulento separado por motovibradores de alta frequência. Os agregados produzidos em britador VSI resultam em grãos mais arredondados.

2.2 Coeficiente de forma

Para a análise do formato de grão, foi utilizado o método GTec-UFSC (WEID-

MANN, 2008), no qual calcula-se um coeficiente de forma (Cf) para cada fração do material com o auxílio de uma câmera fotográfica e o software ImageJ. Este coeficiente é a relação entre o volume de total da amostra e o volume teórico, considerando cada grão como uma esfera cujo diâmetro é a maior dimensão do mesmo. Para o cálculo do coeficiente de forma do agregado, foi feita uma média ponderada das porcentagens do material retido em cada peneira.

2.3 Empacotamento

A aplicação do Método do Empacotamento Compressível (MEC) depende da caracterização dos materiais. O cimento foi caracterizado pelo método para partículas finas ($d < 100 \mu\text{m}$) com utilização de água, descrito por De Larrard (1999). O empacotamento dos agregados foi determinado por meio do protocolo de pilonamento, com $k = 4,5$ (DE LARRARD, 1999). Para o cálculo dos agregados, foi realizado o ensaio de massa unitária compactada fração a fração do material e dividido o resultado pela massa específica.

2.4 Demanda de água

A granulometria dos materiais é um indicativo do consumo de água dos mesmos, porém o consumo de água do concreto está relacionado com a superfície específica da mistura granular. Segundo Carasek (2007), quanto maior for a superfície de grãos, maior será a área disponível para adsorção física de moléculas de água. Sendo assim, foi desenvolvido um ensaio para mensurar o consumo de água dos materiais por metro cúbico. O resultado desse ensaio entra como uma variável da equação do modelo proposto.

Os equipamentos utilizados, o procedimento de ensaio e o cálculo da demanda de água para agregados miúdos, grãos e cimento são os seguintes:

a) Equipamentos

- 1) Molde cilíndrico de 50 mm de diâmetro, 200 mm de altura, com fundo fechado e estanque;
- 2) Peso cilíndrico de 2 kg, com 48 mm

TABELA 1

ORIGEM DOS AGREGADOS

	Origem mineralógica	Localização	VSI*
AN1	Areia natural de cava	Restinga Seca/RS	—
AN2			—
AN3	Areia natural de encosta	União da Vitória-PR	—
AB1	Areia britada basáltica	Palmitos-SC	—
AB2		Iporã do Oeste-SC	Sim
AB3		Pinhalzinho-SC	Sim
PB	Pó de brita basáltica	Palmitos-SC	Sim
B0	Brita basáltica	Iporã do Oeste-SC	Sim
Granilha	Basáltica	Tenente Portel-RS	—

* VSI é o britador de impacto vertical

TABELA 2

PROPORÇÃO DOS MATERIAIS UTILIZADOS NOS CONCRETOS EM VOLUME

Traço	AB1	PB	AN1	BO	AB2	AN2	Granelha	AB3	AN3	Consumo de cimento (kg/m ³)
Projeto	Projeto	Projeto	Projeto	Projeto	Projeto	Projeto	Projeto	Projeto	Projeto	Projeto
CAN1	—	—	100%	—	—	—	—	—	—	300
CPB	—	100%	—	—	—	—	—	—	—	300
CAN1	100%	—	—	—	—	—	—	—	—	300
CAN1/PB	—	50%	50%	—	—	—	—	—	—	300
CAB1/AN1	50%	—	50%	—	—	—	—	—	—	300
CPB/Ab1	50%	50%	—	—	—	—	—	—	—	300
C50AN1/PB/AB1	25%	25%	50%	—	—	—	—	—	—	300
C50PB/AB1/AN1	25%	50%	25%	—	—	—	—	—	—	300
C50AB1/AN1/PB	50%	25%	25%	—	—	—	—	—	—	300
CC150	—	—	—	11%	44,5%	44,5%	—	—	—	150
CC200	—	—	—	11%	44,5%	44,5%	—	—	—	200
CC250	—	—	—	11%	44,5%	44,5%	—	—	—	250
CC300	—	—	—	11%	44,5%	44,5%	—	—	—	300
CC350	—	—	—	11%	44,5%	44,5%	—	—	—	350
Paver 1	—	—	—	—	50%	50%	—	—	—	300
Paver 2	—	—	—	10%	45%	45%	—	—	—	300
Bloco 1	—	—	—	50%	25%	25%	—	—	—	300
Bloco 2	—	—	—	—	—	—	34%	23%	43%	300
Paver 3	—	—	—	—	—	—	11%	46%	43%	300
Bloco 3	—	—	—	—	—	—	57%	11%	32%	300
Max empacotamento	—	—	—	—	—	—	43%	11%	46%	300

de diâmetro e 129 mm de altura;

3) Balança com precisão de 0,1 g;

4) Mesa vibratória de Vebe (ASTM 1170, 2020);

5) Suporte para prender o molde na mesa.

b) Procedimento

- 1) Separar uma amostra de 500 g do material seco e misturar com 20 g de água;
- 2) Separar 320 g dessa amostra úmida e colocar no molde 50 x 200 mm preso à mesa vibratória;
- 3) Colocar o peso dentro do cilindro e ligar a mesa vibratória por 3 minutos. Verificou-se experimentalmente que, em três minutos de vibração, obteve-se a compactação máxima;
- 4) Retirar-se o peso e observar se há a formação de uma película de água sobre o material. Caso não haja, repete-se o ensaio com uma nova amostra, porém com 5 g a mais de água. No ponto em que há a

formação de película de água, separa-se uma amostra de pelo menos 100 g para conferir a umidade da mistura.

c) Cálculo

No ponto de formação de película de água, calcula-se a relação volume de água (em m³) presente na mistura por volume de agregados (em m³). Esta relação é o fator demanda de água. Materiais mais finos e com maior superfície específica, demandarão mais água para a formação da película de água.

Para agregados graúdos, foi pesado 200 g de material seco e, em seguida, foi submerso o mesmo em água. Após 15 minutos, foi colocado o material sobre a peneira 0,15 mm e deixado o excesso de água escorrer. Por fim, foi pesado o material úmido, a diferença do peso do material úmido e o material seco é a água adsorvida em torno dos grãos. O volume de água adsorvida dividida (m³) pelo volume de agregado (m³) é o fator de de-

manda de água para agregados graúdos.

Para o cimento, foi utilizado o ponto de umidade ótima obtida no ensaio de empacotamento com uso de água, descrito por De Larrard (1999), empacotamento para materiais finos ($d < 100 \mu\text{m}$).

2.5 Desenvolvimento dos traços

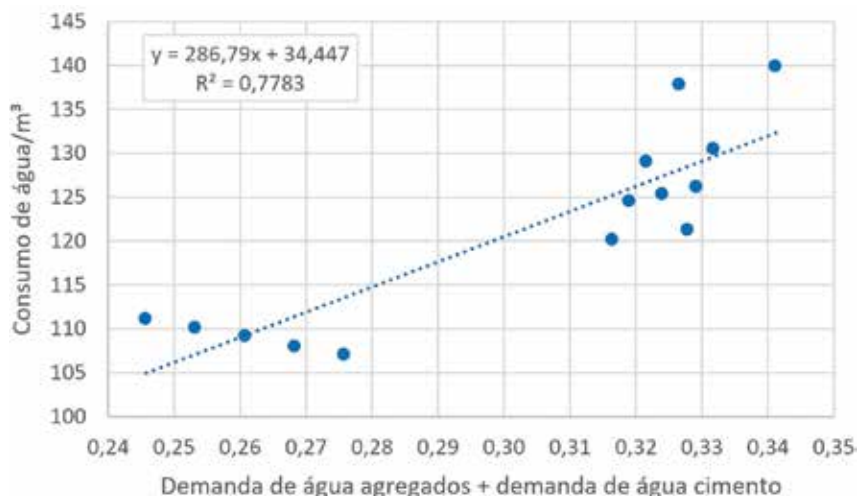
Foram produzidos vinte e um concretos diferentes. Os primeiros quatorze concretos foram desenvolvidos para ajustar o modelo matemático e os sete últimos foram desenvolvidos utilizando o modelo matemático pensando em concretos aplicáveis a uma produção de artefatos. Na Tabela 2, estão os consumos de cimento de cada concreto e a proporção de matérias utilizada.

Para cada um desses concretos produzidos, ter-se-á um valor de empacotamento, formato de grão, demanda de água dos agregados e do cimento, e um valor de consumo de água.

TABELA 3

PARÂMETROS DOS CONCRETOS PRODUZIDOS EM LABORATÓRIO

Traço	Demanda de água agregados (m³/m³)	Índice de vazios	Demanda de água cimento (m³/m³)	Índice de forma	Água (litros/m³)
CANI	0,2444	0,2851	0,0720	0,2800	120,00
CPB	0,2503	0,2307	0,0712	0,2200	128,92
CABI	0,2696	0,2635	0,0717	0,1200	139,74
CANI/PB	0,2472	0,2405	0,0720	0,2500	124,50
CABI/ANI	0,2571	0,2524	0,0720	0,2000	126,00
CPB/ANI	0,2597	0,2460	0,0720	0,1700	130,50
C50ANI/PB/ABI	0,2520	0,2461	0,0720	0,2250	125,25
C50PB/ABI/ANI	0,2554	0,2356	0,0725	0,2100	121,27
C50ABI/ANI/PB	0,2554	0,2418	0,0712	0,1850	137,75
CC150	0,2098	0,2467	0,0360	0,2491	111,00
CC200	0,2052	0,2395	0,0480	0,2490	110,00
CC250	0,2008	0,2332	0,0600	0,2489	109,00
CC300	0,1964	0,2284	0,0720	0,2488	108,00
CC350	0,1919	0,2251	0,0840	0,2486	107,00
Paver 1	0,2078	0,2392	0,0720	0,2550	114,00
Paver 2	0,1976	0,2293	0,0720	0,2495	109,05
Bloco 1	0,1555	0,2048	0,0720	0,2275	88,05
Bloco 2	0,1858	0,2221	0,0720	0,1830	111,00
Paver 3	0,2056	0,2293	0,0720	0,2005	117,00
Bloco 3	0,1600	0,2321	0,0720	0,1579	102,00
Max empacotamento	0,1838	0,2217	0,0720	0,1778	105,00

**GRÁFICO 1**

DEMANDA DE ÁGUA MATERIAIS

2.6 Desenvolvimento do modelo matemático

O modelo de matemático foi desenvolvido para calcular o consumo de água por metro cúbico de concretos secos, com Vebe entre 18 e 32 segundos (extremamente secos). A equação desenvolvida foi subdividida em quatro partes e cada parte tem um coeficiente ponderador da sua importância no consumo de água. As quatro partes são: demanda de água nos grãos dos agregados, índice de vazios da mistura granular, demanda de água nos grãos de cimento e a influência do formato de grão.

A demanda de água dos agregados e do cimento é calculada multiplicando o volume de cada material presente em um metro cúbico de concreto pelo fator demanda de água calculado.

O índice de vazios da mistura granular seca é calculado por meio do método do empacotamento compressível, utilizando o $k = 4,5$.

Por fim, o coeficiente de forma entra na equação no denominador - este índice provém do ensaio desenvolvido por Weidmann (2008). Na Equação 1, é mostrado o modelo matemático descrito.

$$[1] \quad V_{tt} = \frac{X_1 \sum_{i=1}^n V_{ai} \alpha_{ai} + X_2(e) + X_3 Vc \alpha c}{(X_4 + Cf)}$$

Onde:

X_1 é o coeficiente ponderador da água adsorvida na superfície dos agregados;

X_2 é o coeficiente ponderador da água livre;

X_3 é o coeficiente ponderador da água adsorvida na superfície dos grãos de cimento;

X_4 é o coeficiente ponderador do coeficiente de forma;

V_{ai} é o volume do agregado "i" por metro cúbico de concreto;

α_{ai} é o fator demanda de água por metro cúbico do agregado "i" (calculado de acordo com o item 2.4);

e é o índice de vazios da mistura granular seca;

Vc é o volume de cimento por metro cúbico de concreto;

αc é o fator demanda de água do cimento;

Cf é o coeficiente de forma médio da mistura de agregados.

Para a determinação dos coeficientes

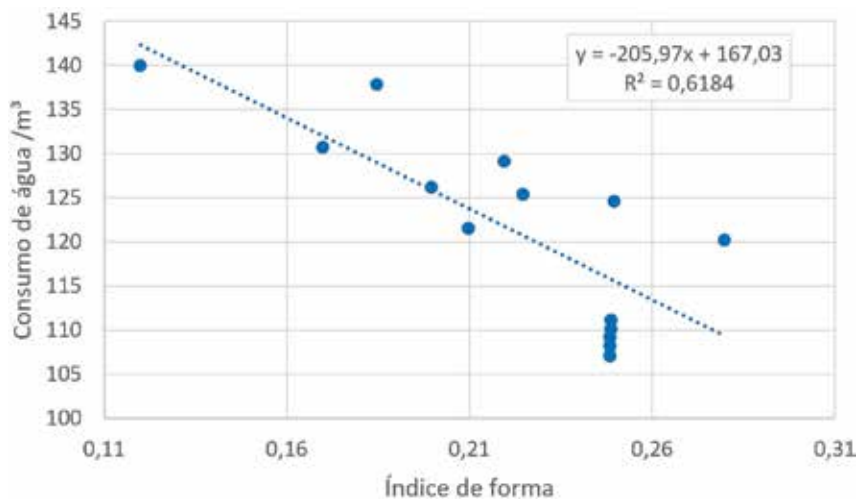


GRÁFICO 2
ÍNDICE DE FORMA

ponderadores, foi realizado um ajuste manual dos valores. Tendo em vista que um ajuste por métodos numéricos demandaria a definição de limites, o que tornaria o modelo proposto mais complexo, portanto, foi buscado ajustes das constantes minimizando o erro, levando em consideração o efeito físico das constantes.

3. ANÁLISE E RESULTADOS

3.1 Resultados dos concretos produzidos

Na Tabela 3, estão os resultados dos concretos produzidos no laboratório. O índice de vazios da mistura granular foi calculado, de forma virtual, por meio do método do empacotamento compressível. A água adsorvida e o coeficiente de forma dos agregados são uma média

TABELA 4
RESULTADO FINAL DAS CONSTANTES DO MODELO MATEMÁTICO

Parâmetro	Valor
X1	0,3782
X2	0,1956
X3	0,1565
X4	1,0000

ponderada pelo volume de cada agregado no concreto. O volume de água/m³ no concreto foi calculado dividindo o volume de água no traço de betoneira pelo volume de concreto rodado, foi considerado 7% de ar incorporado no concreto, valor compatível com concreto seco.

3.2 Análise dos parâmetros

Para a análise dos parâmetros propostos para o modelo matemático,

foram plotados gráficos que os relacionam com consumo de água por metro cúbico dos 14 primeiros concretos, os mesmos que foram utilizados para o desenvolvimento do modelo.

3.2.1 DEMANDA DE ÁGUA AGREGADOS E DEMANDA DE ÁGUA CIMENTO

Para verificar a eficácia do ensaio de demanda de água dos materiais e sua relação com o consumo de água dos concretos, foi desenvolvido um gráfico que os correlaciona. No Gráfico 1, é apresentada uma relação com a demanda de água do cimento e dos agregados em conjunto, devido à variação de consumo de cimento.

Observa-se que há uma tendência de aumento do consumo de água do concreto com o aumento da demanda de água dos materiais. Existem pontos que fogem da linha de tendência, isso se deve ao fato de o consumo de água depender de outras variáveis também. Por exemplo, o ponto (0,34; 139,74) apresentou um consumo de água acima da linha de tendência em decorrência de seu índice de forma ser muito abaixo dos demais concretos.

3.2.2 ÍNDICE DE FORMA

No Gráfico 2, é apresentada uma

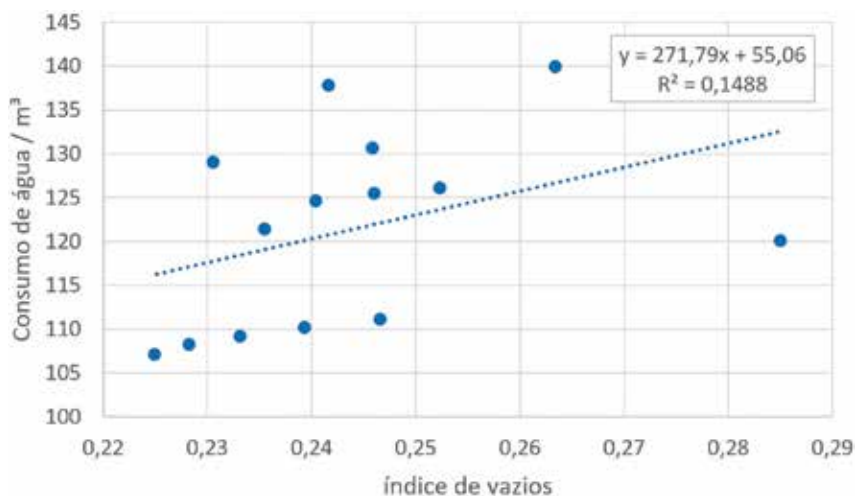


GRÁFICO 3
ÍNDICE DE VAZIOS

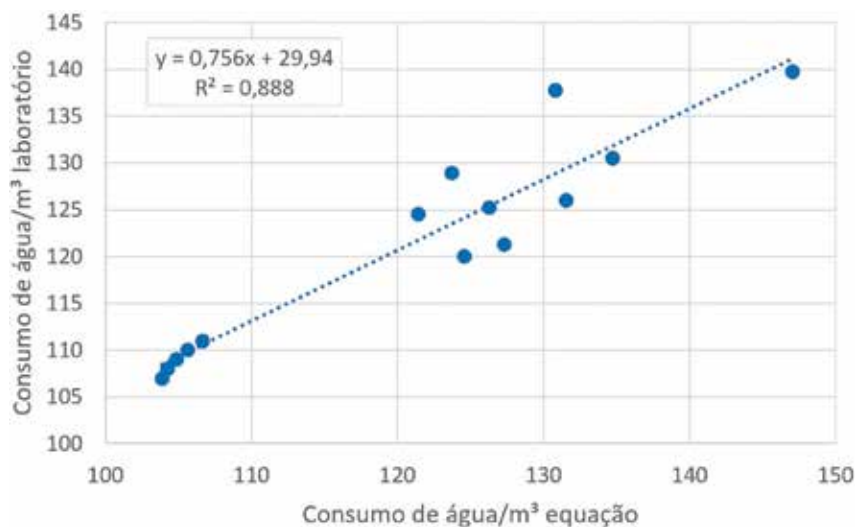


GRÁFICO 4
ÍNDICE DE VAZIOS

correlação entre o índice de forma dos concretos e o consumo de água por metro cúbico. Com esse resultado é possível

verificar se um formato de grão efetivamente contribui para reduzir água. Observa-se que formatos mais ar-

TABELA 5
ERRO ENCONTRADO NO MODELO MATEMÁTICO

Traço	Água (litros/m³) (Laboratório)	Água (litros/m³) (Equação)	Erro absoluto	Erro relativo
CAN1	0,120	0,125	-0,005	-3,83%
CPB	0,129	0,124	0,005	4,02%
CAB1	0,140	0,147	-0,007	-5,25%
CAN1/PB	0,125	0,121	0,003	2,46%
CAB1/ANI	0,126	0,132	-0,006	-4,42%
CPB/ANI	0,131	0,135	-0,004	-3,24%
C50ANI/PB/AB1	0,125	0,126	-0,001	-0,84%
C50PB/AB1/ANI	0,121	0,127	-0,006	-4,97%
C50AB1/ANI/PB	0,138	0,131	0,007	5,02%
CC150	0,114	0,109	0,005	4,50%
CC200	0,109	0,105	0,004	3,96%
CC250	0,088	0,090	-0,002	-1,90%
CC300	0,111	0,107	0,004	3,91%
CC350	0,110	0,106	0,004	3,95%
Paver 1	0,109	0,105	0,004	3,80%
Paver 2	0,108	0,104	0,004	3,45%
Bloco 1	0,107	0,104	0,003	2,89%
Bloco 2	0,111	0,106	0,005	4,83%
Paver 3	0,117	0,112	0,005	4,69%
Bloco 3	0,102	0,101	0,001	0,82%
Max empacotamento	0,105	0,105	0,000	-0,39%

redondados, maiores índices de forma, resultaram em concretos com menor consumo de água.

3.2.3 ÍNDICE DE VAZIOS

No Gráfico 3, é possível observar que há uma tendência de aumentar o consumo de água conforme aumenta o índice de vazios.

O índice de vazios da mistura granular seca apresentou pouca correlação com o consumo de água dos concretos, sendo assim é uma variável que apresenta menor influência no modelo matemático proposto.

3.3 Ajuste das constantes

A partir dos gráficos expostos, foi realizado um ajuste manual para as constantes buscando o menor erro e o menor R^2 , levando em consideração os efeitos físicos de cada constante. É apresentado na Tabela 4 o valor de cada constante, encontrado no ajuste.

A constante x_1 pondera a demanda de água dos agregados; x_2 pondera o índice de vazios; x_3 pondera a demanda de água do cimento; x_4 entra como um ponderador do formato de grão. Observa-se que x_1 obteve o maior valor entre as constantes do numerador da equação, isso se deve ao fato de a demanda de água dos materiais terem uma correlação melhor com o consumo de água do concreto, como é possível observar no Gráfico 1.

É apresentado no Gráfico 3 a correlação entre o consumo de água aplicando as constantes encontradas na equação proposta e o consumo de água obtido em laboratório para os concretos usados para o ajuste matemático. Observa-se que houve uma melhora no " R^2 " de 0,7783 (Gráfico 1) para 0,888, mostrando assim uma melhor correlação.

3.4 Validação do modelo matemático

Para a verificação da validade do modelo matemático, foram desenvolvidos 7 concretos com proporções próximas às utilizadas no mercado. Na Tabela 5,

estão os resultados de consumo de água obtido em laboratório e o consumo de água calculado pela equação 1, utilizando as constantes da Tabela 4, para todos os concretos produzidos.

Portanto, obteve-se um erro máximo de 7 litros de água por metro cúbico de concreto, o que, na prática, é um valor pequeno, representando um erro de no máximo 1,17 litros por betonada com 50 kg de cimento. A NBR 7212 (ABNT, 2021) sugere até 3% de variação no valor de água nominal para centrais dosa-

dora, sendo que o modelo obteve uma variação máxima de 5,25%.

4. CONCLUSÕES

Foi apresentado um modelo matemático para auxiliar na dosagem de concretos secos, visto que os atuais métodos de dosagem levam a dosagens demoradas e onerosas. Foi analisada a influência do empacotamento, demanda de água e coeficiente de forma no consumo de água para criar uma equação.

Analisando os concretos produzidos no laboratório, foi possível observar que os concretos com maior demanda de água também foram os concretos com maior consumo de água por metro cúbico.

Por fim, foi possível desenvolver um modelo matemático com erro pequeno para concreto rodado em betoneira. Contudo, para concretos produzidos em centrais ainda é necessário ajuste. Sendo assim, o modelo é válido, com suas limitações: tempo Vebe fixo e ausência de aditivo. ☹

▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] American Society for Testing and Materials – ASTM, C1170 – Métodos de teste padrão para Determinação da Consistência e Densidade de Concreto Compactado com Rolo Usando mesa vibratória, 2020.
- [2] Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT NBR 7212 – Concreto dosado em central – Preparo, fornecimento e controle, 2021.
- [3] CARASEK, H. Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais. São Paulo: IBRACON, 2007.
- [4] DE LARRARD, F. Concrete Mixture Proportioning: A Scientific Approach. Modern Concrete Technology Series, vol. 9, E&FN SPON, London, 1999.
- [5] WEIDMANN, D. F. Contribuição ao estudo da influência da forma e da composição granulométrica de agregados miúdos de britagem nas propriedades do concreto de cimento Portland. Dissertação – UFSC, Florianópolis, 2008.



NO PRUMO

Compartilhar teoria e prática da construção civil, com leveza, didatismo e criatividade. Esta é a proposta do livro “No Prumo”.

O livro é dividido em duas partes. A primeira traça a história da construção no Brasil e sua relação com a cultura. A segunda revela, na prática, os conceitos e as técnicas consolidadas ao longo dessa história.

A publicação oferece uma leitura atual de temas que vão do projeto e da análise de solo aos serviços de concretagem, sistemas construtivos e sustentabilidade.

Com textos de Paulo Helene, professor aposentado da Escola Politécnica da USP e diretor da PhD Engenharia, e de Guilherme Aragão, jornalista e escritor, especialista em formação política e econômica do Brasil.

FORMATO: 21 x 29 cm

PÁGINAS: 170

ANO: 2017

VENDAS: Loja virtual (www.ibracon.org.br)



PRODUÇÃO



PATROCÍNIO



REALIZAÇÃO

MINISTÉRIO DA
CULTURA

