



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA DOSAGEM DE  
CONCRETO CONVENCIONAL

ALEX CAVALCANTE DOS SANTOS

João Pessoa - PB  
Novembro de 2016

**ALEX CAVALCANTE DOS SANTOS**

**DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA DOSAGEM DE CONCRETO  
CONVENCIONAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
como pré-requisito para a obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade  
Federal da Paraíba.

Orientador: Prof<sup>o</sup> Dr. Hidelbrando José Farkat  
Diógenes.

João Pessoa – PB

2016

S237sSantos, Alex Cavalcante dos

Desenvolvimento de um aplicativo para dosagem de concreto convencional. /Alex Cavalcante dos Santos./ - João Pessoa, UFPB, 2016.

54f. il.:

Orientador: Prof. Hidelbrando José Farkat Diógenes

Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Civil)  
CGEC./ Centro de Tecnologia / CampusI / Universidade  
Federal da Paraíba.

1.Programação. 2.Concreto.3. Mobile. 4. ABCP. 5. ACI  
I. Título.

BS/CT/UFPB

CDU: 2.ed:624.92(043)

## FOLHA DE APROVAÇÃO

ALEX CAVALCANTE DOS SANTOS

### DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA DOSAGEM DE CONCRETO CONVENCIONAL

Trabalho de Conclusão de Curso em 18/11/2016 perante a seguinte Comissão Julgadora:

  
\_\_\_\_\_  
Profº dr. Hidelbrando José Farkat Diógenes  
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UEPB

APROVADO

  
\_\_\_\_\_  
Profª dra. Andrea Basiliano Silva  
Universidade Federal da Paraíba

APROVADO

  
\_\_\_\_\_  
Profº dr. Gustavo Barbosa Lima Silva  
Universidade Federal da Paraíba

APROVADO

\_\_\_\_\_  
Profª. Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga  
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por me guiar todos esses anos, pelos momentos de comunhão espiritual com àqueles que comungaram da mesma fé.

A minha família, pela paciência, amizade e perseverança, minha base social que supriram todas as minhas necessidades durante esses anos de graduação.

A meu irmão, Erivan Cavalcante, por me auxiliar no desenvolvimento do aplicativo, retirando todas minhas dúvidas, fornecendo seu tempo para trabalhar em conjunto, peça fundamental para a conclusão deste trabalho.

A todos que me apoiaram, sanando dúvidas sobre a formatação do trabalho, principalmente a Eliza Rabay e Maria Lima, por me auxiliar na revisão do texto e toda disponibilidade prestada.

A meus professores e colegas de curso, principalmente a Hidelbrando Diógenes, professor e orientador, pelas cobranças frequentes, que me impulsionaram durante a composição deste trabalho, fazendo com que nunca me acomodasse.

A todos que contribuíram de alguma forma para o meu crescimento intelectual e que me acompanharam durante todo o percurso de graduação.

Muito obrigado!

“No meio da dificuldade encontra-se a oportunidade”

Albert Einstein

## RESUMO

O presente trabalho mostra o desenvolvimento de um aplicativo para *smartphones* com sistema operacional *Android*. O aplicativo tem por objetivo calcular a dosagem de concretos convencionais por meio das metodologias propostas pelo *American Concrete Institute* e pela Associação Brasileira de Cimento Portland. Foi feita uma revisão bibliográfica com o objetivo de entender e dissertar sobre a dosagem de concretos e os parâmetros que devem ser considerados, e ainda, sobre a linguagem de programação Java, utilizada para o desenvolvimento de aplicativos voltados a plataforma *Android mobile*. Por fim, com os dados obtidos pelo aplicativo, foi feita a comparação das metodologias analíticas de dosagem apresentadas e com dosagens determinadas manualmente a fim de avaliar a acurácia do mesmo. Frente aos resultados obtidos concluiu-se a eficácia do aplicativo e que os métodos apresentam semelhanças no consumo de cimento e água, porém diferem no consumo de agregados devido às diferenças entre as características dos agregados brasileiros e americanos.

**Palavras-chave:** Programação. Concreto. Mobile. ABCP. ACI.

## **ABSTRACT**

The following paper presents the development methodology of an application for smartphones with android operating system. The app aims to determinate the mixture of conventional concrete using two methods, the American method, recommended by the American Concrete Institute, and the Brazilian method, recommended by the Associação Brasileira de Cimento Portland. A literature review was made in order to discuss about concrete mixture, the input data properties, essential to the application and the programming language Java, used on the development of the application. Finally an analysis of the data obtained by the application was made, comparing both methods and the manual calculations in order to prove the app effectiveness. With the data in hands, it was concluded that the app really works and that both methods presents similar consumption of ciment and water, yet present different consumption of aggregates due the difference of propriets between brazilam aggregates and the american ones.

**Key-words:** Programation. Concrete. Mobile. ABCP. ACI.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Abatimento do concreto.....	19
Figura 2 - Resistência característica do concreto. ....	20
Figura 3 - Lei de Abrams.....	23
Figura 4 - Esquema de funcionamento de um programa Java.....	25
Figura 5 - Ambiente de desenvolvimento do eclipse neon.....	27
Figura 6 - Curva de Abrams para o cálculo da relação a/c.....	34
Figura 7 -Interface inicial do aplicativo. ....	37
Figura 8 - Dados de entrada e saída (método ACI). ....	38
Figura 9 - Dados de entrada e saída (método ABCP).....	39
Figura 10 - Planilha de dosagem pelo método ABCP.....	41
Figura 11 - Gráfico comparativo do fator a/c. ....	42
Figura 12 - Gráfico comparativo do consumo de cimento. ....	43
Figura 13 - Gráfico comparativo do consumo de areia. ....	43
Figura 14 - Gráfico comparativo entre os métodos de dosagem (relação a/c). ....	44
Figura 15 - Gráfico comparativo entre os métodos de dosagem (consumo de cimento). ....	45
Figura 16 - Gráfico comparativo entre os métodos de dosagem (consumo de areia). ....	45
Figura 17- Curva de Abrams em forma linear.....	53
Figura 18 - Fluxograma simplificado do aplicativo. ....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classes de resistência dos concretos simples.....	17
Tabela 2 - Determinação do abatimento em relação ao tipo do uso do concreto.....	28
Tabela 3 - Determinação do teor de água em relação abatimento e diâmetro máximo.....	29
Tabela 4 - Desvio-padrão em função da condição de preparo do concreto.....	30
Tabela 5 - Relação água/cimento em função da resistência de dosagem. ....	30
Tabela 6 - Determinação do volume de agregado em função do módulo de finura da areia. ..	32
Tabela 7 - Estimativa do peso específico do concreto em relação ao diâmetro máximo do agregado.....	33
Tabela 8 - Determinação do Consumo de água em relação ao abatimento e DM do agregado graúdo (ABCP).....	35
Tabela 9 - Determinação do volume de agregado graúdo em relação ao MF da areia e DM do agregado graúdo (ABCP). ....	36
Tabela 10 - Dosagem manual x aplicativo CCC beta 1.0 para CP-29.....	41
Tabela 11 - Dosagem manual x aplicativo CCC beta 1.0 para CP-32.....	42
Tabela 12 - Comparação método ACI x método ABCP. ....	44
Tabela 13 - Dados retirados da curva de Abrams.....	51
Tabela 14 - Dados da curva de abrams em escala logarítmica.....	52
Tabela 15 - Valores das constantes K1 e K2 da lei de Abrams.....	53

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação brasileira de normas técnicas
NBR	Norma brasileira
ACI	American concrete institute
ABCP	Associação brasileira de cimento portland
CP	Corpo de prova
a/c	Relação água cimento
$\gamma$	Peso específico do cimento
$\gamma_b$	Peso específico do agregado graúdo
$\gamma_a$	Peso específico do agregado miúdo
C	Consumo de cimento
A	Consumo de água
UM	Massa unitária do agregado graúdo
$V_b$	Volume de agregado graúdo
MF	Módulo de finura da areia
$f_{ck}$	Resistência característica do concreto
$f_{cj}$	Resistência de dosagem
$S_d$	Desvio padrão
TUP	Traço Unitário em Peso
$V_m$	Volume de agregado miúdo
$P_m$	Consumo de agregado miúdo
$P_g$	Consumo de agregado graúdo
$\rho$	Peso específico do concreto
JVM	Java Virtual Machine

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1	Objetivos.....	15
1.1.1	Objetivo.....	15
1.1.2	Justificativa .....	15
1.1.3	Estrutura do trabalho.....	16
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>17</b>
2.1	Concreto.....	17
2.1.1	Propriedades do concreto fresco .....	18
2.1.2	Propriedades do concreto endurecido .....	19
2.1.3	Resistência característica do concreto.....	20
2.2	Propriedades dos agregados.....	20
2.2.1	Agregado graúdo.....	21
2.2.2	Agregado miúdo.....	22
2.2.3	Características físicas dos agregados .....	22
2.2.4	Cimento.....	22
2.2.5	Fator água/cimento.....	23
2.3	Dosagem .....	24
2.4	Evolução dos métodos de dosagem .....	24
2.5	Linguagem Java .....	25
2.6	Plataforma Android e desenvolvimento de aplicativos .....	25
<b>3</b>	<b>DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO .....</b>	<b>27</b>
3.1	Método ACI de dosagem .....	28
3.1.1	Resistência de dosagem .....	29
3.2	Método ABCP de dosagem.....	33
3.2.1	Curva de Abrams .....	34

3.2.2	Determinação das equações para o cálculo da relação a/c .....	34
3.2.3	Interface do programa .....	37
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>40</b>
4.1	Comparativo do cálculo manual com o aplicativo (CCC beta 1.0) .....	40
4.2	Comparativo do método ACI e método ABCP .....	44
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>46</b>
5.1	Sugestões para trabalhos futuros.....	47
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>48</b>
	<b>ANEXO A – Determinação das equações de abrams para o calculo da relação a/c .....</b>	<b>51</b>
	<b>ANEXO B – Fluxograma simplificado do aplicativo .....</b>	<b>54</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O concreto é largamente utilizado, principalmente, devido a sua facilidade em assumir formas variadas, limitadas apenas ao imaginário humano, que quando endurecido atinge resistências parecidas com de rochas naturais. Outro fator de destaque do concreto é sua resistência à água, que faz com que ele seja empregado em obras que sofrem influência direta deste elemento, como pontes e barragens; outros fatores que influenciam no uso em grande escala do concreto são sua praticidade e baixos custos. De acordo com a *Federación Iberoamericana de Hormigón Premesclado* (FIHP), [20--], *Apud* Pedroso (2009) o consumo anual médio de concreto é de cerca de 1,9 toneladas por habitante, ficando atrás apenas do consumo de água, transformando o concreto no material construtivo mais utilizado do mundo (PEDROSO, 2009).

Os aglomerantes hidráulicos acompanharam o desenvolvimento de sociedades primitivas, como os egípcios e romanos, que conseguiam fazer estruturas diversas, com o aumento da população e ocupação do solo veio à carência por estruturas cada vez maiores. A descoberta do cimento Portland possibilitou grandes avanços na construção de estruturas cada vez mais verticais e esbeltas, porém, com o avanço das estruturas, maiores são os esforços solicitados pela mesma, portanto, maior os critérios de controle e produção. Uma estrutura muito solicitada deve possuir um controle de qualidade refinado, atingindo o processo de produção do concreto, por isso este deve ter uma dosagem adequada, compatível com as cargas as quais irá resistir.

O cálculo de estruturas se tornou cada vez mais criterioso, com inúmeras indicações normativas, das quais se é exigido uma análise minuciosa para todos os tipos de situações, juntamente com desenhos muito bem detalhados e isso não é diferente para a determinação da dosagem do concreto, que deve ser feito de forma racional e controlada. Todo este trabalho era feito a mão e demandava uma enorme quantidade de tempo para os projetistas, tudo isso mudou com o advento da tecnologia, que possibilitou um trabalho de forma muito mais eficiente e otimizada, dando mais confiança para que se fossem construídos grandes monumentos, com arquiteturas e funções variadas, proporcionando conforto, segurança e economia.

É verdade que os *softwares* facilitam muito o trabalho, acabando com as tarefas manuais e enfadonhas, e podem se tornar indispensáveis para cálculos mais complexos. No caso de aplicativos para aparelhos móveis isso é ainda mais simples e prático, estando ao alcance dos dedos. Porém os *softwares* não excluem a análise do engenheiro, que deverá considerá-los como ferramentas adicionais, que deve se sujeitar a sua análise crítica. “Até bem pouco tempo eu não utilizava *software* para fazer cálculos. Agora, descobri um que superou qualquer expectativa. Nada supera a expertise, a experiência adquirida do engenheiro, mas quando precisar fazer um grande empreendimento, vou incluí-lo no orçamento para ganhar tempo e agilidade” (SANTOS, [20--], *Apud* MOREIRA, 2015). Portanto, o intuito da criação de programas não é substituir a função do engenheiro, mas auxiliá-lo.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um aplicativo (app) para dispositivos móveis que possibilite a dosagem de concretos convencionais pelo método da ABCP e do ACI.

- Para tanto foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos: Inserir dois métodos de dosagem de concretos convencionais em um aplicativo desenvolvido para a plataforma *Android*. Através de dados de entrada calcular o consumo dos componentes da mistura por m<sup>3</sup> de concreto juntamente com o Traço Unitário em Peso (TUP).
- Fazer o cálculo do consumo dos materiais e TUP através de planilhas do Excel e comparar os resultados obtidos, através de gráficos, com os dados calculados pelo aplicativo e verificar a funcionalidade do mesmo.
- Utilizando o aplicativo desenvolvido, fazer a comparação dos métodos ACI e ABCP de dosagem, organizando os dados em gráficos.

### 1.1.2 Justificativa

Segundo a NBR 12655 (ABNT, 2006), os concretos da classe C15 ou superiores devem possuir dosagem racional e devidamente justificada através de experimentos. A análise do concreto deve ser feita antes do início da concretagem da obra, enquanto o estudo dos materiais deve ser feito em condições parecidas com as encontradas no canteiro, simulando, ao máximo, o ambiente encontrado no local.

O homem se tornou indissociável da tecnologia e por onde vai é acompanhado por seu dispositivo móvel. Inicialmente utilizado apenas para comunicação, rapidamente se tornou em um elemento indispensável para aqueles que querem se manter conectados. “Atualmente não se fala muito em celular, porque o assunto da vez são os *smartphones*. O termo *smartphone* foi adotado devido à utilização de um sistema operacional nos celulares.” (JORDÃO, 2009).

O advento dos *smartphones* trouxe grandes novidades com seu sistema operacional capaz de rodar uma grande variedade de aplicativos. Sua mobilidade e fácil acesso, fez com que esta nova tecnologia se tornasse acessível à grande parte da população.

A criação de aplicativos tem se tornado comum nas práticas de engenharia. “Foi para agilizar os processos, fazer a coleta de dados com qualidade e rapidez e segurança que surgiu o aplicativo, que acabou focando na segurança do trabalho. Atualmente, com o app, é possível ter a dimensão real das necessidades” (MOREIRA, 2015).

A associação da tecnologia móvel com o conhecimento técnico, aplicado na engenharia, tem um futuro promissor. Este aplicativo possibilita o cálculo da dosagem de concretos convencionais de forma prática e objetiva, possibilitando a análise direta no canteiro de obras.

### **1.1.3 Estrutura do trabalho**

O seguinte trabalho será dividido em 5 capítulos, sendo eles:

Capítulo 1 – Apresenta a introdução juntamente com a justificativa, objetivos gerais e específicos;

Capítulo 2 – Neste capítulo será apresentada toda a revisão bibliográfica, que tiveram como foco tópicos específicos e sucintos para o entendimento básico do leitor;

Capítulo 3 – Neste capítulo serão apresentados o desenvolvimento do aplicativo “CCCbeta 1.0”, sua metodologia, funcionamento e interface;

Capítulo 4 – Será a apresentação dos resultados obtidos, comparação dos dados calculados pelo app e calculo manual e comparação dos métodos ACI e ABCP de dosagem;

Capítulo 5 – Neste capítulo serão apresentadas as considerações finais juntamente com as sugestões para trabalhos futuros.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CONCRETO

O concreto é a mistura em proporções predefinidas e determinadas de forma racional, composto de cimento, agregado miúdo, agregado graúdo e água, do qual, para melhorar suas características podem ser adicionados alguns elementos, chamados adições. As propriedades que o concreto irá apresentar durante seu preparo, aprovação e vida útil dependerá do planejamento e controle durante sua preparação e execução (CARVALHO; FIGUEIREDO, 2013).

De acordo com a NBR 8953 (2015), os concretos utilizados para fins estruturais são divididos em dois grupos de acordo com sua resistência característica, no caso de concretos com resistência característica inferiores a 20MPa, estes não são considerados estruturais. A Tabela 1 mostra as classes de concretos simples.

**Tabela 1** – Classes de resistência dos concretos simples.

Grupo I de resistência	Resistência característica à compressão (MPa)	Grupo II de resistência	Resistência característica à compressão (MPa)
C 20	20	C 55	55
C 25	25	C 60	60
C 30	30	C 70	70
C 35	35	C 80	80
C 40	40	C 90	90
C 45	45	C 100	100
C 50	50		

Fonte: NBR 8953, 2015.

Os Estados Unidos e o Canadá consideram os estudos na tecnologia do concreto como um dos mais importantes na área de desenvolvimento científico. Com investimentos altíssimos, esses países entendem que o conhecimento sobre o concreto mantém suas indústrias sempre competitivas “[...] o estudo de concreto deve estar inserido no conhecimento estratégico da “inteligência” de seus países ao lado de recursos naturais, saúde, biotecnologia, eletrônica, espaço sideral e outras” (ISAIA, 2010).

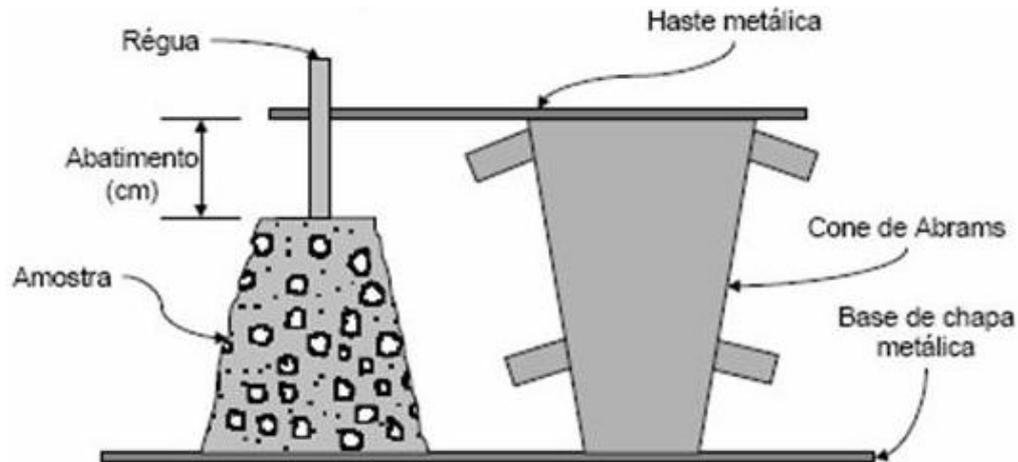
### **2.1.1 Propriedades do concreto fresco**

O concreto em seu estado fresco apresenta algumas propriedades, segundo Petrucci (1995) estas são sua consistência, textura, trabalhabilidade, integridade da massa e o poder de retenção da água.

A trabalhabilidade do concreto é considerada a característica mais importante no seu estado fresco e é uma propriedade de difícil conceituação, pois envolve outras diversas características. Por este motivo ainda existe uma pequena discordância entre a sua definição (PETRUCCI, 1995).

Neville e Brooks (1990) definem a trabalhabilidade do concreto como sua capacidade ser bem adensado, transportado e lançado de forma fácil sem segregar. A trabalhabilidade pode ser medida através do ensaio do tronco de cone desenvolvido por Abrams. De acordo com Petrucci (1995), “a trabalhabilidade é medida pela deformação causada a uma massa de concreto fresco, pela aplicação de uma força predeterminada”. Esta deformação é a diferença entre a altura do molde e da amostra, chamada abatimento, como mostra a Figura 1.

**Figura 1** - Abatimento do concreto.



Fonte: Página do professor Damasceno\*.

A forma como os grãos ficam dispostos na pasta tem resultado direto no concreto após o endurecimento, esta propriedade é chamada homogeneidade, quanto mais uniforme for a distribuição dos grãos melhor envolvido ele fica pela pasta, diminuindo significativamente a permeabilidade, no caso do concreto armado proporciona melhor proteção a armadura (CARVALHO; FIGUEREIDO, 2013).

### 2.1.2 Propriedades do concreto endurecido

Petrucci (1995) define como uma propriedade do concreto endurecido sua massa específica com valores que variam entre 2.300 e 2.500 Kg/m<sup>3</sup>.

O *ACI Manual of Concrete Practice* (1980) mostra que a massa específica do concreto depende principalmente do agregado graúdo e da quantidade de ar incorporado, podendo ser estimada através destes dois parâmetros apenas.

A resistência mecânica, característica importante do concreto endurecido, depende da composição e especificações dos materiais usados na mistura, onde cada material tem sua própria peculiaridade, que contribuem para o resultado final da resistência (ALVES, 2002).

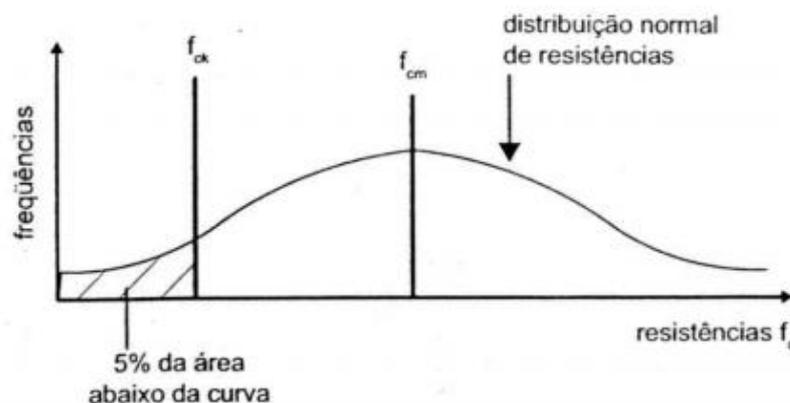
\* Disponível em: <<http://www.profemilson.com.br/mascarenhas/concreto.html>>. Acesso em 26 out. 2016.

### 2.1.3 Resistência característica do concreto

O concreto não possui um controle de produção muito refinado, isto acaba gerando uma incerteza muito grande na hora de determinar a sua tensão de ruptura, diferente do aço, por exemplo, que possui um controle de qualidade industrial, neste caso, ao se analisar o rompimento de CP's, todos atingiriam tensões de ruptura muito próximas e com uma média aritmética simples pode-se determinar o valor limite de trabalho. O concreto, por outro lado, acaba gerando uma disparidade de valores distintos, tornando impossível a determinação do seu valor limite através de uma simples média aritmética, neste caso só é possível determinar este valor através de uma análise estatística mais específica (BOTELHO, MARCHETTI, 2013).

De acordo com a NBR 6118 (2014), de certo lote de corpos de prova rompidos, a resistência característica ( $f_{ck}$ ) do concreto é aquela cuja probabilidade de não ser atingida é de apenas 5% das amostras ou 5% da área abaixo da curva na distribuição normal das resistências encontradas nos ensaios. A Figura 2 mostra a definição da resistência característica do concreto.

**Figura 2** - Resistência característica do concreto.



Fonte: Carvalho & Figueiredo, 2013.

## 2.2 Propriedades dos agregados

De acordo com Petrucci (1995), agregados são materiais granulares em estado inerte que apresentam características adequadas para o uso em obras de engenharia. No concreto,

estes são capazes de reduzir custos, retração e aumentar a resistência ao desgaste sem diminuir a resistência a esforços mecânicos, pois em geral os agregados possuem resistência maior àquela apresentada pelo aglomerante.

Inicialmente o agregado era utilizado para preencher a pasta de cimento e aumentar o volume de concreto, por se tratar de um material barato seria mais econômico que a mistura possuísse a maior quantidade de agregado possível, porém esta quantidade vai depender das características desejadas para o concreto. Geralmente  $\frac{3}{4}$  do volume do concreto é preenchido por agregado, por isso a importância da qualidade do agregado (NEVILLE; BROOKS, 1990).

### **2.2.1 Agregado graúdo**

Os agregados são definidos através do tamanho de seus grãos, a NBR 7211 (2005) define agregado graúdo como “agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75mm”.

#### **2.2.1.1 Diâmetro máximo do agregado**

Propriedade muito importante do agregado graúdo, segundo o *ACI Manual of Concrete Practice* (1980), como mostrado em suas tabelas, através do diâmetro máximo do agregado graúdo é possível estimar o consumo de água, peso específico do concreto e sua parcela no volume de concreto.

De acordo com a NBR 7211 (2005), o diâmetro máximo do agregado graúdo é a grandeza associada ao diâmetro da peneira cuja porcentagem acumulada retida é igual ou inferior a 5%.

## **2.2.2 Agregado miúdo**

Definido pela NBR 7211 (2005) como “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  $\mu\text{m}$ ”.

### **2.2.2.1 Módulo de finura do agregado**

Característica do agregado, definida pela NBR 7211 (2005) como a “soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras da série normal, dividida por 100”.

## **2.2.3 Características físicas dos agregados**

Propriedades como trabalhabilidade e compactação estão estritamente relacionados à forma geométrica do agregado, grãos com forma laminar não são indicados para o uso na mistura de concreto, pois não se arranjam de forma equilibrada, dificultando a compactação, aumentando a permeabilidade e o consumo de cimento. Por isso, deve-se utilizar agregados com a forma mais esférica possível para garantir as propriedades exigidas do concreto (Alves, 2002).

De acordo com Petrucci (1995), a massa específica real do agregado é a característica física que relaciona a sua massa por unidade de volume sem contabilizar o volume de vazio formado entre os grãos, enquanto sua Massa Unitária (MU) é relação da massa por unidade de volume incluindo-se os vazios.

## **2.2.4 Cimento**

De acordo com a NBR 5732 (1991), o cimento é um aglomerante hidráulico, ou seja, reage com a água, cujo componente principal é o clíquer portland, responsável pelas características hidráulicas, onde são adicionados outros componentes em proporções determinadas.

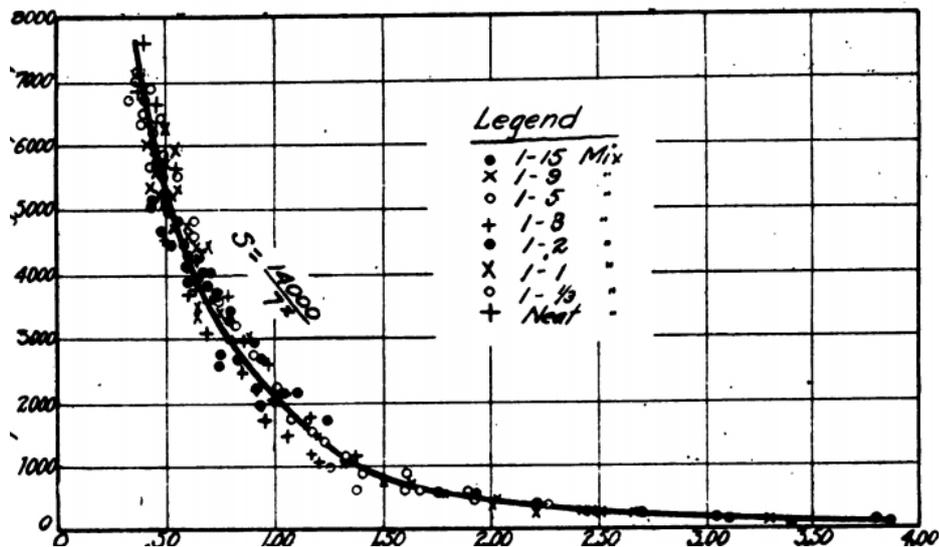
Uma característica importante do cimento é sua finura, quanto maior a finura dos grãos maior sua superfície de contato com a água, aumentando a velocidade das reações, diminuindo a exsudação e permeabilidade, aumentando a coesão e trabalhabilidade (HELENE, TERZIAN, 1992).

### 2.2.5 Fator água/cimento

Duff Abrams, através de vários ensaios, desenvolvidos no Lewis Institute, achou uma relação entre a relação água/cimento e resistência apresentada pelo concreto endurecido. Esta relação mostra que a resistência do concreto decresce com o aumento do fator a/c, sendo conhecida como lei de Abrams (MHETA; MONTEIRO, 2006).

De acordo com Abrams (1919), com valores obtidos através do rompimento de inúmeros CP's, ao aumentar o valor do fator a/c a resistência a compressão do concreto diminui seguindo uma curva exponencial, representada na equação 1.

Figura 3 - Lei de Abrams.



Fonte: Abrams, 1919.

$$f_{cj} = \frac{K_1}{K_2^{a/c}}$$

Eq (1) Lei de Abrams.

Onde os valores das constantes  $K_1$  e  $K_2$  dependem do tipo de cimento.

### 2.3 DOSAGEM

É o processo pelo qual é escolhida a proporção mais econômica dos materiais constituintes do concreto, cimento, agregados e aditivos de forma que o produto final atinja as propriedades físicas, químicas e mecânicas determinadas para o bom funcionamento da peça estrutural. Dosar o concreto está associado, também, ao custo, não só suas propriedades em si, portanto, a dosagem trata-se de encontrar o concreto mais adequado, econômico e que apresente o desempenho planejado (RECENA, 2011).

O objetivo amplo do proporcionamento do concreto pode expressar-se resumidamente como a escolha dos materiais adequados entre aqueles disponíveis e a determinação da combinação mais econômica destes que produza um concreto que atenda características de desempenho mínimo estabelecidas (METHA; MONTEIRO, 1994, *Apud* BOGGIO, 2000).

A dosagem do concreto não está limitada apenas a mistura, deve-se prestar atenção nos processos de transporte, lançamento e adensamento, caso haja algum problema durante estas etapas, este deve ser corrigido através de ajustes no traço de concreto. A importância da dosagem adequada do concreto não está ligada apenas a economia em estabelecer proporções corretas, mas também em determinar as características necessárias dos componentes para que o produto final atinja um desempenho satisfatório (BOGGIO, 2000).

### 2.4 Evolução dos métodos de dosagem

No início de sua utilização, o concreto era dosado de forma empírica. Apesar de já existirem estruturas de porte consideráveis, no geral, as estruturas, eram de pequeno porte e, portanto, as solicitações atuantes eram relativamente baixas. A mistura era feita através do conhecimento tradicional apenas, geralmente, uma proporção fixa era passada para qualquer tipo de estrutura, independente da qualidade dos materiais constituintes. Por ser um método que não se embasava em critérios que levam em consideração as características dos

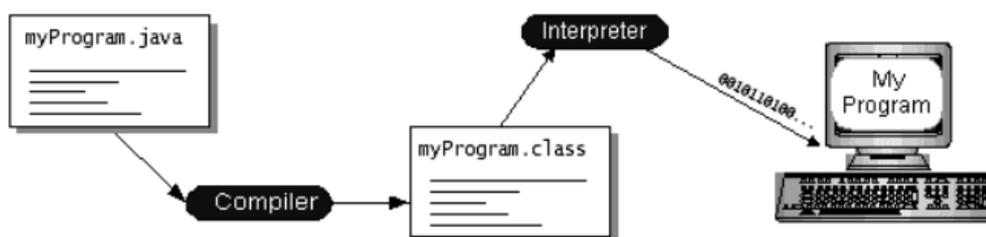
agregados, estes geravam, muito comumente, misturas com excesso de aglomerante e não econômicas (HELENE; TERZIAN, 1992).

## 2.5 Linguagem Java

Linguagem criada através de um projeto da Sun Microsystems, por Patrick Naughton, com objetivo de criar uma plataforma de computação interativa, através de uma linguagem “simples”, que permite o desenvolvimento em diferentes sistemas operacionais sem que haja grandes preocupações com detalhes de infraestrutura computacional, a linguagem Java proporciona grande produtividade e eficiência (MENDES, 2009).

A linguagem Java usa uma máquina virtual, chamada *Java Virtual Machine (JVM)*, para compilar e interpretar seus programas. A compilação funciona transformando o programa em uma linguagem intermediária que em seguida é interpretada, independente da plataforma. A Figura 4 mostra o esquema de funcionamento de um programa Java. A vantagem da linguagem em criar programas capazes de serem executados em qualquer sistema operacional fez com que o Java se tornasse uma das linguagens mais utilizadas no mundo, portanto, uma das linguagens mais acessíveis (MENGUE, [201-]).

**Figura 4** - Esquema de funcionamento de um programa Java.



Fonte: MENGUE, [201-].

## 2.6 Plataforma Android e desenvolvimento de aplicativos

Compondo os *smartphones* e *tablets*, a plataforma *Android* vem causando uma revolução na indústria de informática, devido a sua grande praticidade e, principalmente, mobilidade, ela vem cada vez mais assumindo o papel de computadores, com capacidade de armazenar uma vasta quantidade de programas e dados, esta tem se tornado uma alternativa muito usual quando se trata de funcionalidade. Com um mercado crescendo a taxas exorbitantes, estima-se que a cada 4 aparelhos móveis vendidos 3 sejam *smartphones*, só em 2012 o número de vendas deu um salto de 77% em relação ao ano anterior de 2011, o desejo da população por praticidade e mobilidade fez com que esse tipo de tecnologia se tornasse acessível a uma grande parcela de usuários (PEREIRA, 2012).

A plataforma móvel *Android* foi desenvolvido pela **Open Handset Alliance (OHA)**, liderado pelo Google e outras empresas. O OHA é um consórcio entre 65 empresas de Hardware, Software e telecomunicações, cujo objetivo foi desenvolver uma plataforma standard para os dispositivos móveis (BARROS, 2015).

O próprio Google é um grande incentivador do desenvolvimento de aplicativos em plataforma Android, fornecendo programas que podem ser baixados de forma gratuita a qualquer usuário, isto prova a importância desta tecnologia no cenário atual.

Muitos aplicativos vêm sendo desenvolvidos visando facilitar a atividade de profissionais, a exemplo dos engenheiros civis temos o *constructApp*, considerado o software mais simples deste mercado, que permite ao usuário acompanhar a obra em tempo real pelo celular. Aplicativos como o *Autocad 360* possibilitam até a visualização, edição e compartilhamento de arquivos DWG, permitindo fazer anotações e abrir documentos do tipo DXF (CONSTRUCT, 2016).

As Próprias universidades estão dando enfoque ao desenvolvimento de aplicativos, como, por exemplo, o aplicativo *CARapp beta 1.0* criado por Dylson Junyer de Souza Lopes no seu trabalho de conclusão de curso na Universidade Federal Rural do Semiárido. Este aplicativo permite determinar a dosagem de concretos de alta resistência através do método Thomaz somente ao preencher os dados de entrada.

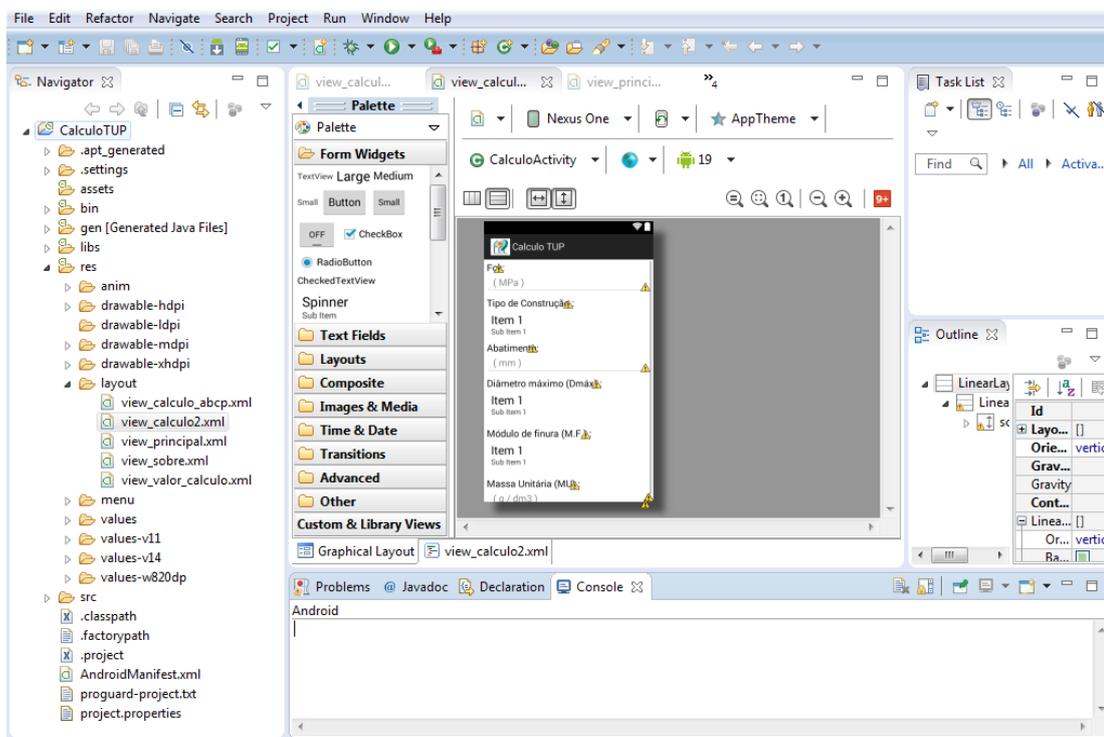
### 3 DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO

Para o desenvolvimento deste trabalho foi feita uma revisão bibliográfica na linguagem Java, com enfoque principal na criação de aplicativos para celulares que possuem sistema operacional do tipo *Android*, juntamente com estudos de métodos de dosagem. O aplicativo foi projetado para desenvolver seus cálculos através de dois métodos, onde é dada a opção de escolha ao usuário.

O primeiro método foi baseado nas tabelas desenvolvidas pelo *American Concrete Institute* (ACI), portanto, trata-se de tabelas americanas. O segundo método foi desenvolvido através de tabelas brasileiras, modificações das tabelas ACI, desenvolvidas pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), com o intuito de adequar os valores aos agregados brasileiros. A Figura 18, Anexo B, mostra um fluxograma simplificado do aplicativo.

O programa utilizado para o desenvolvimento do aplicativo, chamado, CCC.beta 1.0 foi o eclipse neon, que é um programa leve, mas que possibilita a criação de aplicativos para *Android* de forma prática. Sua interface é mostrada na Figura 5.

**Figura 5** - Ambiente de desenvolvimento do eclipse neon.



Fonte: Autoria própria

### 3.1 Método ACI de dosagem

Neste método são utilizadas, essencialmente, tabelas desenvolvidas pelo ACI que correlacionam às características dos materiais utilizados na mistura com a quantidade de material que será utilizado por m<sup>3</sup> de concreto. As etapas de cálculo foram feitas seguindo o roteiro indicado por Mehta e Monteiro (2006) apresentado abaixo.

**Passo 1:** Determinação do abatimento. Se o abatimento não for especificado ele pode ser estimado através da Tabela 2.

**Tabela 2** - Determinação do abatimento em relação ao tipo do uso do concreto.

Tipos de construções	Abatimento (mm)	
	Máximo	Mínimo
Sapatas e fundações armadas	75	25
Blocos e paredes	75	25
Vigas e paredes armadas	100	25
Pilares	100	25
Pavimentos e lajes	75	25
Grandes volumes	50	25

Fonte: Metha & Monteiro, 2006.

**Passo 2:** Determinação do diâmetro máximo do agregado. O diâmetro máximo do agregado correlaciona vários valores.

**Passo 3:** Estimativa do teor de água e ar aprisionado. De acordo com o ACI o teor de água utilizado na mistura e porcentagem de ar aprisionada no concreto depende do diâmetro máximo do agregado e do abatimento desejado, como mostra a Tabela 3.

**Tabela 3** - Determinação do teor de água em relação abatimento e diâmetro máximo.

Água, Kg/m <sup>3</sup> de concreto em relação ao diâmetro máximo do agregado								
Abatimento, mm	9,5	12,5	19	25	37,5	50	75	150
Concreto sem ar incorporado								
25 a 50	207	199	190	179	166	154	130	113
75 a 100	228	216	205	193	181	169	145	124
150 a 175	243	228	216	202	190	178	160	-
Valor aproximado de ar								
aprisionado no concreto sem ser ar incorporado, em porcentagem	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3	0,2
Concreto com ar incorporado								
25 a 50	181	175	168	160	150	142	122	107
75 a 100	202	193	184	175	165	157	133	119
150 a 175	216	205	197	184	174	166	154	-
Média recomendada do total de ar, porcentagem por nível de exposição								
Exposição baixa	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,5	2,0	1,5
Exposição média	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,5	4,0	3,5
Exposição alta	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,5	5,0	4,5

Fonte: Metha & Monteiro, 2006.

**Passo 4:** Determinação do fator água/cimento. Como diferentes agregados e tipos de cimentos podem gerar diferentes resistências o ACI estima o fator água cimento através da resistência desejada, chamada resistência de dosagem.

### 3.1.1 Resistência de dosagem

A resistência de dosagem foi calculada de acordo com a NBR12655, item 5.6.3, segundo a equação 2.

$$f_{cj} = f_{ck} + 1,65S_d \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde:

$f_{cj}$  é a resistência média do concreto, desejada a j dias, em megapascals;

$f_{ck}$  é a resistência característica do concreto, em megapascals;

$s_d$  é o desvio-padrão da dosagem, em megapascals;

Segundo a NBR 12655 (ABNT, 2006), o desvio padrão deve ser estimado em função da condição de preparo do concreto, divididos entre condição A, B e C. Os concretos simples, classes C10 a C80, cuja dosagem é feita em peso, fazem parte da condição de preparo A, portanto, o desvio padrão deve ser de 4MPa. Valor fornecido na Tabela 4.

**Tabela 4** - Desvio-padrão em função da condição de preparo do concreto

Condição de preparo do concreto	Desvio-padrão (MPa)
A	4,0
B	5,5
C	7,0

Fonte: NBR 12655, 2006

**Tabela 5** - Relação água/cimento em função da resistência de dosagem.

Resistência a compressão a 28 dias (MPa)	Relação água/cimento	
	Concreto sem ar incorporado	Concreto com ar incorporado
40	0,42	—
35	0,47	0,39
30	0,54	0,45
25	0,61	0,52
20	0,69	0,60
15	0,79	0,70

Fonte: Metha & Monteiro, 2006.

**Passo 5:** Cálculo da quantidade de cimento. O consumo de cimento (C) é calculado dividindo-se o teor de água (A) pelo fator água/ cimento (a/c), como mostra a equação 3.

$$C = A/a/c \quad \text{Eq.(3)}$$

**Passo 6:** Estimativa da quantidade de agregado graúdo. A graduação do agregado pode ser um fator econômico decisivo na mistura do concreto. Dados de inúmeros testes mostram que o diâmetro máximo do agregado graúdo e o módulo de finura da areia são determinantes para que o concreto atinja uma trabalhabilidade satisfatória. O volume de agregado graúdo por m por m<sup>3</sup> de concreto pode ser estimado através da tabela 5.

Para o cálculo do consumo de agregado graúdo, em kg, por m<sup>3</sup> de concreto, basta multiplicar o volume achado na tabela 6 pela sua massa unitária. A equação é mostrada abaixo:

$$P_g = MU \times V_g \quad \text{Eq. (4)}$$

Onde:

$P_g$  é o peso de agregado graúdo, em kg, por m<sup>3</sup> de concreto;

MU é a massa unitária do agregado graúdo, em kg por m<sup>3</sup> de concreto;

$V_g$  é o volume de agregado graúdo, em m<sup>3</sup>, por m<sup>3</sup> de concreto;

**Tabela 6** - Determinação do volume de agregado em função do módulo de finura da areia.

Diâmetro máximo do agregado (mm)	Volume de agregado por unidade de volume de concreto para diferentes valores de módulo de finura da areia			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,5	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,6
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Fonte: Metha & Monteiro, 2006.

**Passo 7:** Estimativa do agregado miúdo. Depois do passo 6, todos os elementos da mistura foram estimados, com exceção da quantidade de agregado miúdo.

Seguindo o método do peso, onde o peso específico do concreto fresco já é conhecido de experiências anteriores, então o peso do agregado miúdo pode ser estimado apenas subtraindo-se o peso do concreto pelo total do peso já estimado dos outros materiais. A estimativa do peso específico do concreto depende do diâmetro máximo do agregado graúdo, como mostrado na tabela 6.

**Tabela 7** - Estimativa do peso específico do concreto em relação ao diâmetro máximo do agregado.

Diâmetro máximo do agregado (mm)	Estimativa do peso específico do concreto (kg/m <sup>3</sup> )	
	Concreto sem ar incorporado	Concreto com ar incorporado
9,5	2280	2200
12,5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37,5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

Fonte: Metha & Monteiro, 2006.

A quantidade de agregado miúdo foi determinada através da equação 5, indicada abaixo:

$$P_m = \rho - P_g - C - A \quad \text{Eq. (5)}$$

Onde:

$P_m$  é o consumo de agregado miúdo, em Kg, por m<sup>3</sup> de concreto;

$\rho$  é o peso específico do concreto, em Kg por m<sup>3</sup>;

**Passo 8:** Apresentação do traço unitário em peso. Finalmente, apresenta-se o Traço Unitário em Peso (TUP), através da equação 6.

$$\frac{C}{C} : \frac{P_m}{C} : \frac{P_g}{C} : a/c \quad \text{Eq. (6)}$$

### 3.2 Método ABCP de dosagem

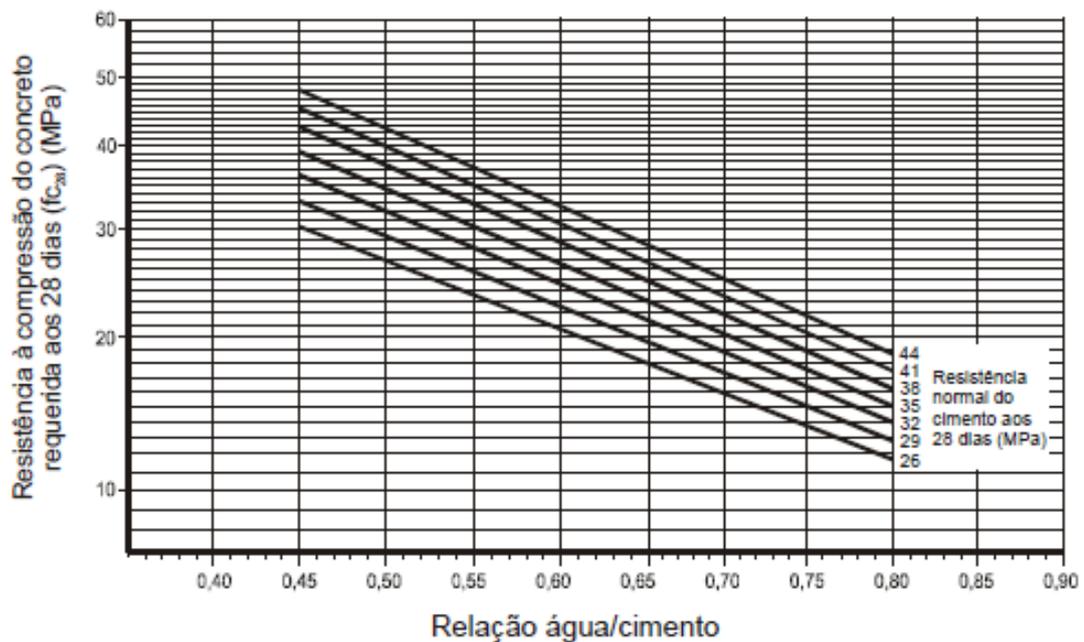
Método desenvolvido pela ABCP em seu Estudo Técnico (ET-67), das quais são utilizadas tabelas da ACI 221.1-81, modificadas para atender os tipos de agregados brasileiros (ASSUNÇÃO, 2002).

**Passo 1:** Determinação do fator água/cimento. Neste caso a ABCP recomenda o uso da curva de Abrams, que relaciona a resistência de dosagem e a resistência nominal do cimento com o fator a/c. (RODRIGUES, 1998).

### 3.2.1 Curva de Abrams

A curva apresentada pela ABCP é uma forma linear, em escala logarítmica, da curva deduzida por Abrams, para cimentos com resistências nominais diferentes, como apresentado na Figura 6.

**Figura 6** - Curva de Abrams para o cálculo da relação a/c



Fonte: Rodrigues, 1998.

### 3.2.2 Determinação das equações para o cálculo da relação a/c

Através da curva de Abrams foram tirados valores, ponto a ponto, para todos os tipos de cimento e organizados em tabelas, através das quais foram deduzidos os valores de  $K_1$  e  $K_2$  para as diferentes resistências dos cimentos, como mostrado no anexo A.

Isolando a variável  $a/c$  da lei de Abrams, em sua forma linear, é possível calcular a relação  $a/c$  através da equação:

$$\log f_{cj} = \log K_1 - a/c \log K_2 \rightarrow a/c = \frac{\log K_1 - \log f_{cj}}{\log K_2} \quad \text{Eq. (7)}$$

**Passo 2:** Determinação do consumo de água. O consumo de água em  $l/m^3$  de concreto pode ser estimado através da Tabela 8 (RODRIGUES, 1998).

**Tabela 8** - Determinação do Consumo de água em relação ao abatimento e DM do agregado graúdo (ABCP).

Abatimento (mm)	Diâmetro máximo agregado graúdo (mm)				
	9,5	19	25	32	38
40 a 60	220	195	190	185	180
60 a 80	225	200	195	190	185
80 a 100	230	205	200	195	190

Fonte: Rodrigues, 1998.

**Passo 3:** Consumo de cimento. O consumo de cimento é determinado da mesma forma do método ACI. Como mostrado na equação 3.

**Passo 4:** Volume de agregado graúdo. O volume de agregado graúdo pode ser estimado através da Tabela 9. (RODRIGUES, 1998). Nota-se que as características apresentadas pelo agregado graúdo nesta tabela diferem das características apresentadas no método americano.

**Tabela 9** - Determinação do volume de agregado graúdo em relação ao MF da areia e DM do agregado graúdo (ABCP).

MF	Diâmetro Máximo Agregado Graúdo (mm)				
	9,5	19	25	32	38
1,8	0,645	0,77	0,795	0,82	0,845
2	0,625	0,75	0,775	0,8	0,825
2,2	0,605	0,73	0,755	0,78	0,805
2,4	0,585	0,71	0,735	0,76	0,785
2,6	0,565	0,69	0,715	0,74	0,765
2,8	0,545	0,67	0,695	0,72	0,745
3	0,525	0,65	0,675	0,7	0,725
3,2	0,505	0,63	0,655	0,68	0,705
3,4	0,485	0,61	0,635	0,66	0,685
3,6	0,465	0,59	0,615	0,64	0,665

Fonte: Rodrigues, 1998.

**Passo 5:** O consumo de agregado graúdo vai ser definido da mesma forma indicada no passo 6 do método ACI.

Determinação do volume de areia. O volume de agregado miúdo para 1m<sup>3</sup> de concreto é calculado através da equação:

$$V_m = 1 - \left( \frac{C}{\gamma_c} + \frac{C_g}{\gamma_b} + \frac{C_m}{\gamma_a} \right) \quad \text{Eq. (8)}$$

Onde:  $V_m$  é o volume de agregado miúdo por m<sup>3</sup> de concreto.

**Passo 6:** Determinação do consumo de areia. O consumo de areia em peso é dado através da equação:

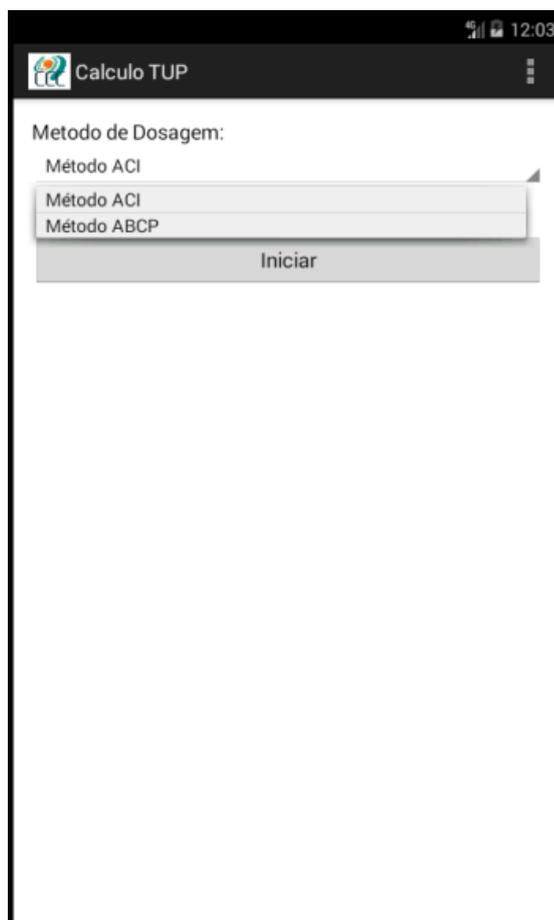
$$P_m = V_m \times \gamma_m \quad \text{Eq. (9)}$$

**Passo 7:** Apresentação do traço. O traço unitário em peso é apresentado da mesma forma da equação 6.

### 3.2.3 Interface do programa

A interface do aplicativo foi desenvolvida de forma a proporcionar um fácil entendimento, onde o usuário possa utilizá-lo de forma intuitiva. Na interface inicial o “app” apresenta os métodos de dosagem que podem ser selecionados, como mostrado na Figura 7.

**Figura 7** -Interface inicial do aplicativo.



Fonte: Autoria própria.

#### 3.2.3.1 Dosagem ACI

Caso o usuário escolha o método ACI a interface da Figura 8 será mostrada, das quais são exigidos os seguintes dados de entrada:

- Resistência Característica do concreto em MPa;
- Tipo de estrutura para qual o concreto será usado, que irá sugerir um valor de abatimento, de acordo com a Tabela 2;
- Abatimento em mm;
- Massa unitária do agregado graúdo em kg/dm<sup>3</sup>;
- Diâmetro máximo de agregado em mm;
- Módulo de finura do agregado.

**Figura 8** - Dados de entrada e saída (método ACI).

Calculo TUP	Resultado
Fck: 30	Quantidade de Material por m3 de Concreto  Cimento: 488.1 kg / m <sup>3</sup> Areia: 595.9 kg / m <sup>3</sup> Brita: 1056 kg / m <sup>3</sup> Água: 205 kg / m <sup>3</sup>  TUP Cimento : Areia : Brita : a / c 1 : 1.22 : 2.16 : 0.42
Tipo de Construção : Pilares	
Abatimento: 100	
Diâmetro máximo (Dmáx) : 19 mm	
Módulo de finura (M.F.) : 2.40	
Massa Unitária (MU) : 1.6	

Fonte: Autoria própria.

### 3.2.3.2 Dosagem ABCP

**Caso o usuário escolha o método ACI a interface da**

Figura 9 será mostrada, das quais são exigidos os seguintes dados de entrada:

- Resistência Característica do concreto em MPa;
- Resistência nominal do cimento aos 28 dias em MPa;
- Abatimento em mm;
- Massa unitária do agregado graúdo em  $\text{kg}/\text{dm}^3$ ;
- Massa específica do agregado miúdo
- Massa específica do cimento
- Massa específica do agregado graúdo
- Diâmetro máximo de agregado em mm;
- Módulo de finura do agregado.

**Figura 9 - Dados de entrada e saída (método ABCP).**

The figure consists of two side-by-side screenshots of a mobile application interface. The left screenshot, titled 'CalculoABCActivity', shows the input fields for the calculation. The right screenshot, titled 'Resultado', shows the calculated output.

Input Field	Value
Fck	30
Tipo Cimento	CP32
Abatimento	100
Diâmetro Máximo (D <sub>máx</sub> )	19 mm
Módulo de Finura (M.F.)	1.8
Massa Unitária da Brita (MU)	1.6
Massas Específicas	2.58, 2.795, 2.889

Output Field	Value
Quantidade de Material por m <sup>3</sup> de Concreto	
Cimento	461.8 kg / m <sup>3</sup>
Areia	501.46 kg / m <sup>3</sup>
Brita	1232 kg / m <sup>3</sup>
Água	205 kg / m <sup>3</sup>
TUP	
Cimento : Areia : Brita : a / c	1 : 1.09 : 2.67 : 0.44

Fonte: Autoria própria.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Comparativo do cálculo manual com o aplicativo (CCC beta 1.0)

Como o aplicativo (CCC beta 1.0) calcula a relação água/cimento diretamente da lei de Abrams, este apresentará um resultado um pouco diferente do cálculo manual. O objetivo é comparar o cálculo via aplicativo com o manual e mostrar que a diferença é desprezível, comprovando a eficácia do aplicativo.

Os dados utilizados para realizar os cálculos são mostrados abaixo:

- Resistência nominal do cimento aos 28 dias 29MPa e 32MPa
- Diâmetro máximo do agregado graúdo 19mm
- Módulo de finura 1,56
- Massa unitária do agregado graúdo 1,6Kg/dm<sup>3</sup>
- Massa específica do agregado miúdo 2,58Kg/dm<sup>3</sup>
- Massa específica do agregado graúdo 2,795Kg/dm<sup>3</sup>
- Abatimento 100mm
- Massa específica do cimento 2,889g/cm<sup>3</sup>

As variáveis que se alteram pelo fator a/c são o consumo de cimento e agregado miúdo. Foram montados gráficos relacionando a resistência característica do concreto com estas variáveis, para o cálculo manual e aplicativo. A planilha utilizada para o cálculo manual é mostrada na figura 10.

As tabelas 10 e 11 mostram os resultados obtidos, cálculo dos consumos, para as resistências nominais de 29MPa e 32MPa, respectivamente.

**Figura 10** - Planilha de dosagem pelo método ABCP.

Dosagem ABCP			Cálculos - traço em massa		
Concreto e cimento			fc28	31,60	MPa
fck	25	MPa	Cc	439,850	kg/m <sup>3</sup>
sd	4,0	MPa	Cb	1232	kg/m <sup>3</sup>
a/c	0,466064		Cb0	492,8	kg/m <sup>3</sup>
Abatimento	6	cm	Cb1	739,2	kg/m <sup>3</sup>
gama_c	2889	kg/m <sup>3</sup>	Vm	0,202	m <sup>3</sup>
Agregado Miúdo			Cm	521,06	kg/m <sup>3</sup>
MF	1,56		Traço em massa: <b>1 : 1,18 : 1,12 : 1,68 : 0,46</b> Cc = 439,9 kg/m <sup>3</sup>		
gama_real	2580	kg/m <sup>3</sup>			
Agregado Graúdo					
Dmax	19	mm			
gama_uc	1600	kg/m <sup>3</sup>			
gama_real	2795	kg/m <sup>3</sup>			
Ca	205	l/m <sup>3</sup>	Tabela ABCP		
Vb	0,77	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	Tabela ABCP		

Fonte: Autoria própria.

**Tabela 10** - Dosagem manual x aplicativo CCC beta 1.0 para CP-29.

fck (MPa)	CP-29					
	Calculo manual			Calculo pelo CCC.beta		
	a/c	C (Kg/m <sup>3</sup> )	Cm (kg/m <sup>3</sup> )	a/c	C (Kg/m <sup>3</sup> )	Cm (kg/m <sup>3</sup> )
25	0,46	445,7	515,88	0,47	439,9	521,064
22,5	0,50	410,0	547,72	0,50	412,1	545,855
20	0,54	379,6	574,84	0,53	385,6	569,539
17,5	0,569	360,3	592,12	0,57	360,1	592,285
15	0,612	334,97	614,73	0,611	335,5	614,245
12,5	0,659	311,1	636,06	0,658	311,6	635,588
10	0,718	285,5	658,89	0,711	288,2	656,494

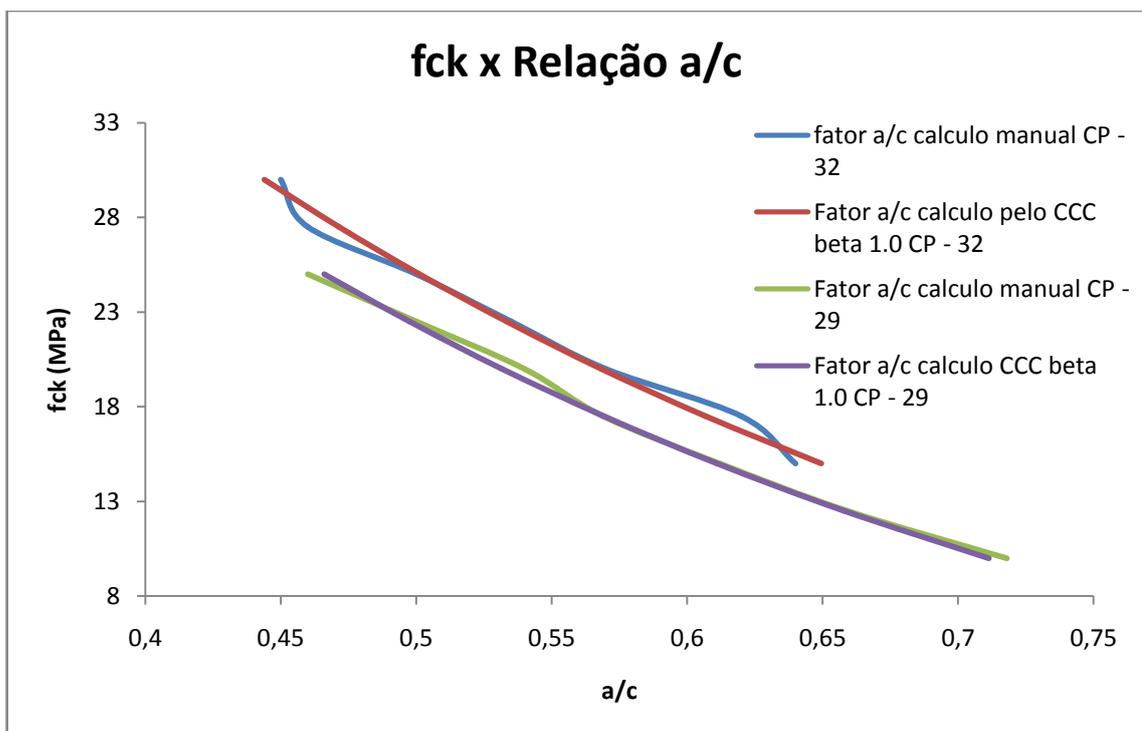
Fonte: Autoria própria.

**Tabela 11** - Dosagem manual x aplicativo CCC beta 1.0 para CP-32.

CP-32						
fck (MPa)	Calculo manual			Calculo pelo CCC.beta		
	a/c	C (Kg/m <sup>3</sup> )	Cm (kg/m <sup>3</sup> )	a/c	C (Kg/m <sup>3</sup> )	Cm (kg/m <sup>3</sup> )
30	0,45	455,6	507,04	0,44	461,8	501,5
27,5	0,46	445,7	515,88	0,47	434,8	525,6
25	0,5	410,0	547,72	0,50	409,0	548,6
22,5	0,54	383,2	571,67	0,53	384,4	570,6
20	0,57	359,6	592,69	0,57	360,7	591,7
17,5	0,62	330,65	618,58	0,61	337,8	612,2
15	0,64	320,3	627,82	0,65	315,6	632

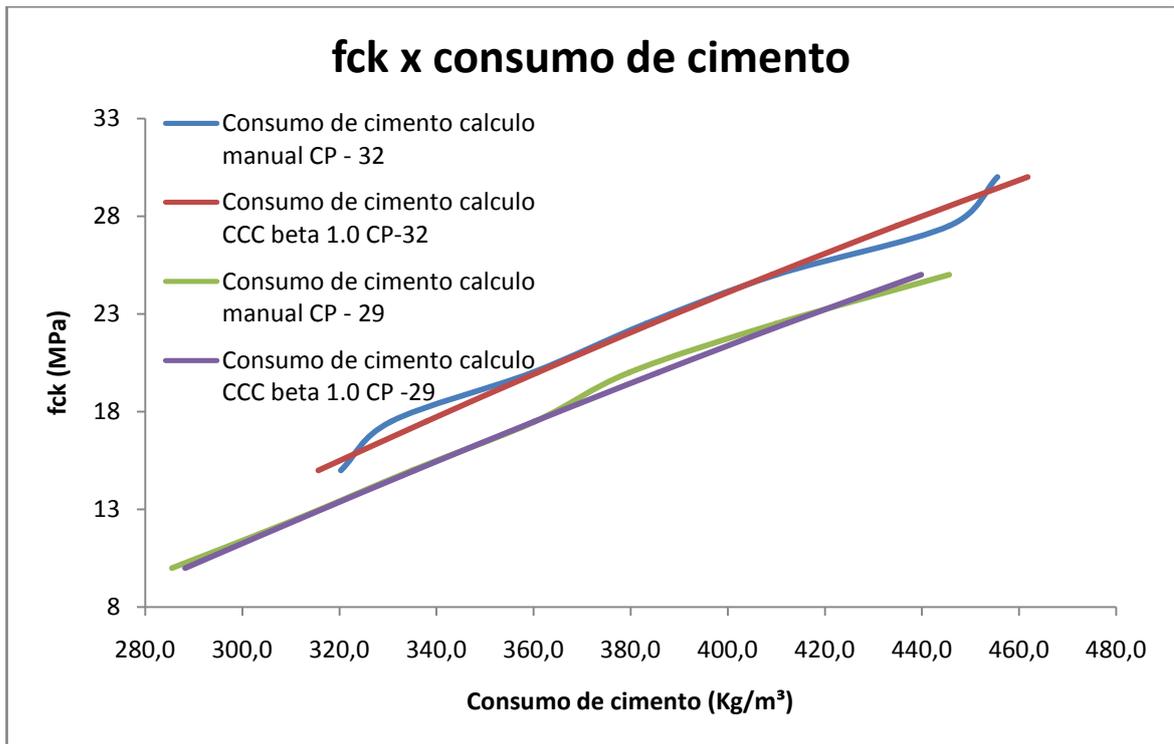
Fonte: Autoria própria.

As figuras, 11 a 13, mostram o resultado dos comparativos entre a relação água/cimento, consumo de agregado miúdo e cimento.

**Figura 11** - Gráfico comparativo do fator a/c.

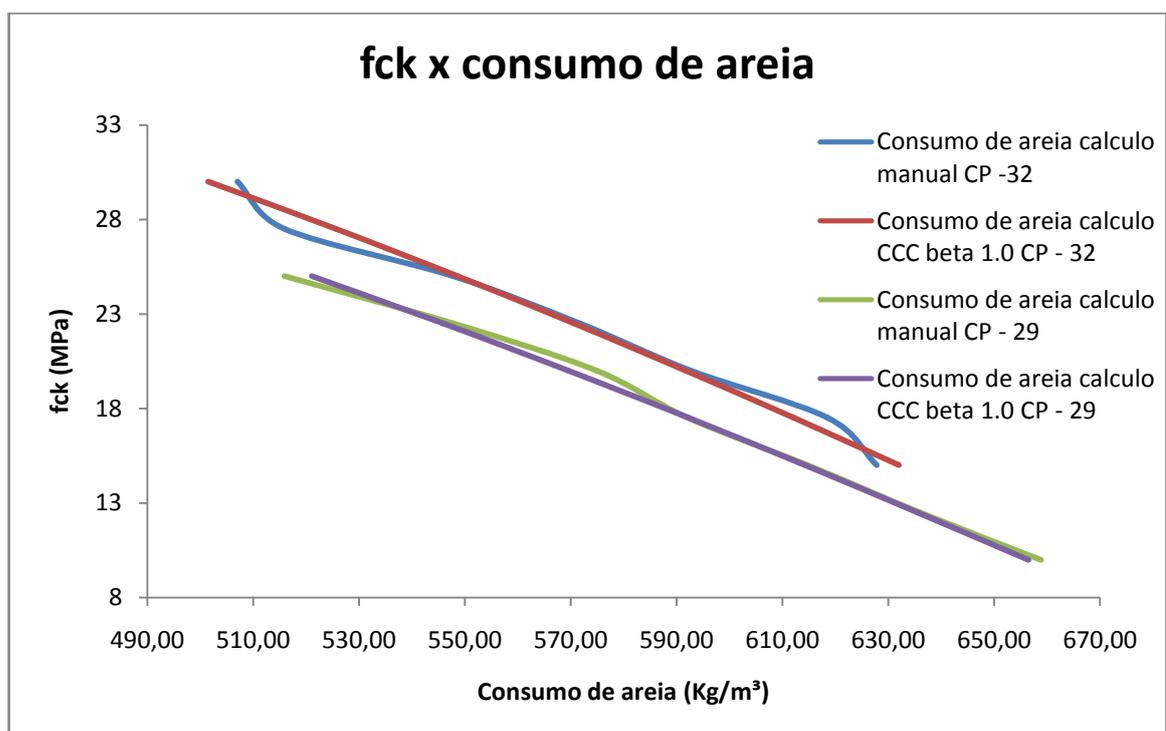
Fonte: Autoria própria.

**Figura 12** - Gráfico comparativo do consumo de cimento.



Fonte: Autoria própria.

**Figura 13** - Gráfico comparativo do consumo de areia.



Fonte: Autoria própria.

## 4.2 Comparativo do método ACI e método ABCP

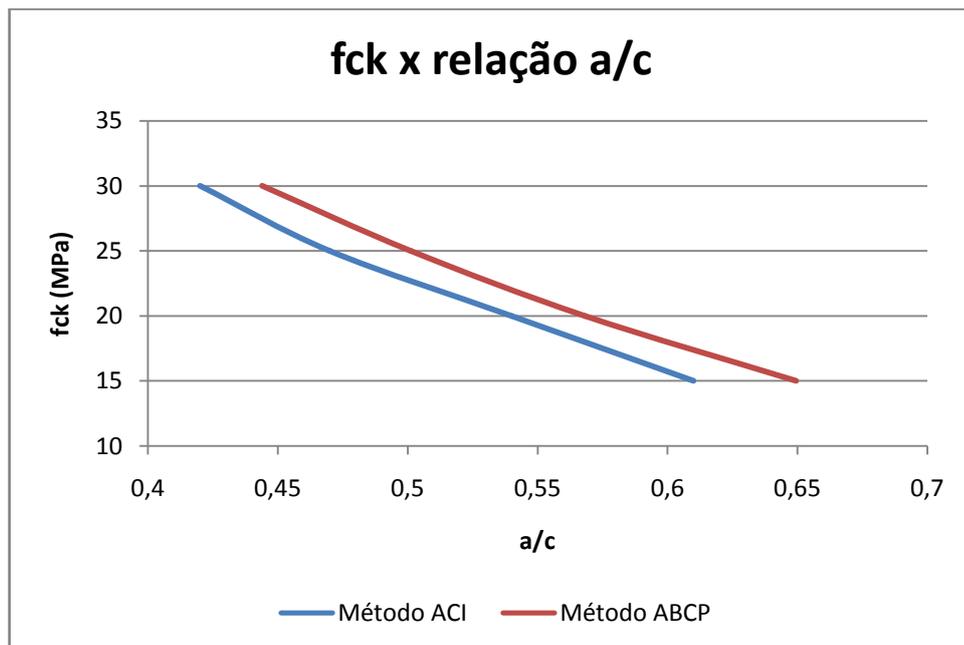
Através do aplicativo foi feito o comparativo dos métodos de dosagem apresentados neste trabalho. Os resultados são apresentados nas figuras 14 a 16.

**Tabela 12** - Comparação método ACI x método ABCP.

Fck (MPa)	Método ACI			Método ABCP		
	a/c	C (Kg/m <sup>3</sup> )	Cm (kg/m <sup>3</sup> )	a/c	C (Kg/m <sup>3</sup> )	Cm (kg/m <sup>3</sup> )
30	0,42	488,1	596	0,44	461,80	501,50
25	0,47	436,2	648	0,50	409,04	548,60
20	0,54	379,6	704	0,57	360,71	591,70
15	0,61	336,1	748	0,65	315,63	632,00

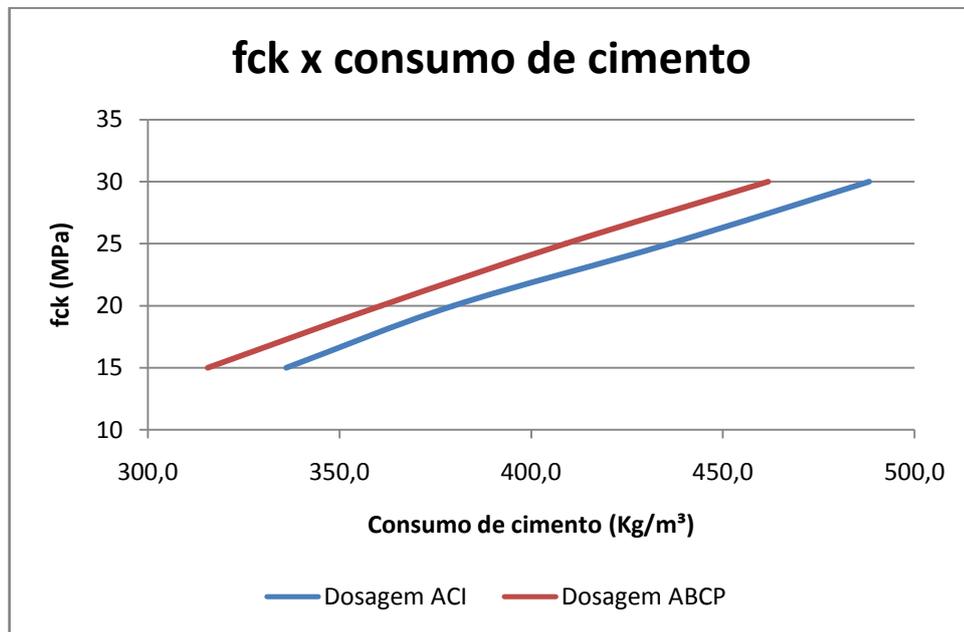
Fonte: Autoria própria.

**Figura 14** - Gráfico comparativo entre os métodos de dosagem (relação a/c).



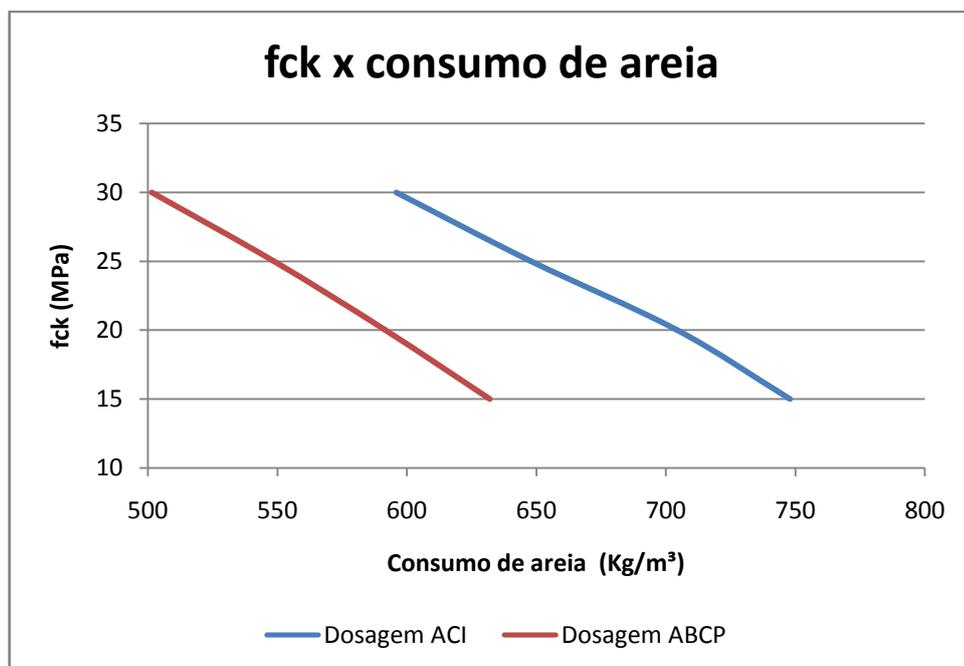
Fonte: Autoria própria.

**Figura 15** - Gráfico comparativo entre os métodos de dosagem (consumo de cimento).



Fonte: Autoria própria.

**Figura 16** - Gráfico comparativo entre os métodos de dosagem (consumo de areia).



Fonte: Autoria própria.

## 5 CONCLUSÕES

O método ACI, por se tratar de consultas diretas a tabelas, não apresentará nenhum tipo de convergência entre o cálculo manual e o realizado pelo aplicativo.

A comparação entre as curvas mostra que o resultado manual é praticamente idêntico ao calculado pelo aplicativo CCC beta 1.0, portanto, o aplicativo funciona corretamente.

As curvas que relacionam o  $f_{ck}$  e a relação água/cimento obedecem a lei de Abrams como esperado. É possível ver que o consumo de cimento é diretamente proporcional a resistência característica do concreto, enquanto o consumo de agregado miúdo diminui.

Ao se comparar os resultados dos cimentos CP - 29 e CP - 32, percebe-se que a resistência característica é limitada pela resistência nominal do cimento. O cimento CP -29 atinge  $f_{ck}$  máximo de, aproximadamente, 25MPa, enquanto o CP - 32 atinge um  $f_{ck}$  na faixa de 30MPa.

Ao se comparar os métodos de dosagem o consumo de cimento e a relação água cimento apresentaram resultados parecidos. O consumo de agregado miúdo apresentou um resultado bastante diferente, isso se deve provavelmente a dois fatores, os agregados brasileiros possuem características diferentes dos americanos e a forma como é feito o cálculo. No método ACI o cálculo é feito através da estimativa do peso específico do concreto, subtraindo-se o consumo dos componentes deste, enquanto o método ABCP usa uma equação mais rebuscada, que leva em consideração o peso específico dos materiais.

## **5.1 Sugestões para trabalhos futuros**

1. Adicionar a opção para o usuário gerar um relatório da dosagem determinada;
2. Realizar ensaios de compressão com os traços determinados pelo aplicativo com o objetivo de mostrar a funcionalidade do mesmo;
3. Fazer a junção deste aplicativo com o CARap beta 1.0 com objetivo de estender as opções do usuário, possibilitando a determinação da dosagem de concretos convencionais e de alta resistência em um único aplicativo;

## REFERÊNCIAS

- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE: **Manual of concrete practice - Part 1**. Michigan, 1980.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5732: **Cimento Portland comum**. Rio de Janeiro, 1991.
- \_\_\_\_\_. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.
- \_\_\_\_\_. NBR 7211: **Agregados para concreto – Especificação**. Rio de Janeiro, 2005.
- \_\_\_\_\_. NBR 7217: **Agregados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 1987.
- \_\_\_\_\_. NBR8953: **Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência**. Rio de Janeiro, 2015.
- \_\_\_\_\_. NBR 12655: **Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2006.
- ABRAMS, Duff Andrew. **Design of concrete mixture**. Chicago: Lewis Institute, 1919.
- ALVES, José Dafico. **Manual de tecnologia do concreto**. Goiânia: Editora da UCG, 2002.
- ASSUNÇÃO, José Wilson. **Curvas de dosagem para concretos convencionais e aditivados confeccionados com materiais da região noroeste do Paraná**. 2002. Dissertação - Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.
- BARROS, Júlio Dinis Lopes. **Aplicação móvel android de apoio a gestão de empréstimos e reservas das bibliotecas da universidade do Minho**. 2015. Dissertação –Guimarães: Universidade do Minho.
- BOGGIO, Aldo J. **Estudo comparativo de métodos de dosagem de concretos de cimento Portland**. 2000. Dissertação – Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- BOTELHO, Manoel Henrique Campos, MARCHETTI, Osvaldemar. **Concreto armado eu te amo**. 7ed. [s.l.]:Editora Blucher, 2013.

CARVALHO, R. C., FIGUEIREDO, Jasson Rodrigues. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado: Segundo a NBR 6118:2003**. 3ed. São Carlos: EdUFSCar, 2013.

CONSTRUCT. **6 aplicativos para construção civil que você precisa conhecer!**. Disponível em <http://constructapp.io/pt/6-aplicativos-para-construcao-civil-que-voce-precisa-conhecer/>. Acesso em: 13 nov. 2016.

HELENE, Paulo; TERZIAN, Paulo. **Manual de dosagem e controle do concreto**. Brasília, DF: PINI editora, 1992.

ISAIA, Geraldo Cechella (Org./Ed.). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 2ed. [S.L.], 2010.

JORDÃO, Fábio. **História: A evolução do celular**. Disponível em: <http://www.tecmundo.com.br/celular/2140-historia-a-evolucao-do-celular.htm>. Acesso em: 24 out. 2016.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M.. **Concrete: Microstructure, properties and materials**. 3 ed. New York: McGraw-Hill, 2006.

MENDES, Douglas Rocha. **Programação java: com Ênfase em Orientação a Objetos**. [S.L.]: Novatec, 2009.

MENGUE, Fábio. **Curso de Java básico. N**. Disponível em [ftp://ftp.unicamp.br/pub/apoio/treinamentos/linguagens/java\\_basico.pdf](ftp://ftp.unicamp.br/pub/apoio/treinamentos/linguagens/java_basico.pdf). Acesso em: 13 nov. 2016.

MOREIRA, Deborah. **Tecnologia – Cresce mercado de aplicativos para engenharia civil**. Disponível em: <http://www.seesp.org.br/site/jornal-do-engenheiro/item/6928-tecnologia-cresce-mercado-de-aplicativos-para-engenharia-civil.html>. Acesso em: 25 out. 2016.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J.. **Concrete technology**. 2 ed. London: PEARSON, 1990.

PEDROSO, Fábio Luis. Concreto: Material construtivo mais consumido no mundo. **Concreto e construções**, IBRACON, n. 53, mar. 2009.

PEREIRA, F. M. Q. **Uma breve introdução a plataforma android**. Disponível em:

<<http://homepages.dcc.ufmg.br/~fernando/classes/android/android.html>>. Acessoem: 23 out. 2016.

PETRUCCI, Eladio G. R. **Concreto de cimento portland**. 13 ed. São Paulo: [s.n.], 1995.

RECENA, Fernando Antonio Piazza. **Dosagem e controle da qualidade de concretos convencionais de cimento portland**. 3 ed. Porto Alegre: EdiPUCRS, 2015.

RODRIGUES, Publio Penna Firme. **Parâmetros de Dosagem de concreto**. ET-67. 3 ed. São Paulo: IBRACON – Associação Brasileira de Cimento Portland, 1998.

## ANEXO A – DETERMINAÇÃO DAS EQUAÇÕES DE ABRAMS PARA O CALCULO DA RELAÇÃO A/C

Tabela 13 - Dados retirados da curva de Abrams.

CP26		CP29		CP32		CP35	
a/c	fcj (Mpa)						
0,4	34	0,4	37,5	0,4	41,00	0,4	45
0,6	20,5	0,6	22,5	0,6	24,50	0,6	26,5
0,7	16	0,7	17	0,7	19,00	0,7	20

Tabela 13 – continuação...

CP38		CP41		CP44	
a/c	fcj (Mpa)	a/c	fcj (Mpa)	a/c	fcj (Mpa)
0,4	48	0,4	50,9	0,4	52,1
0,6	29	0,6	30,9	0,6	32,1
0,7	22	0,7	23,1	0,7	25

Da lei de Abrams:

$$f_{cj} = \frac{K_1}{K_2^{a/c}} \rightarrow f_{cj} = K_1 \times K_2^{-a/c}$$

Aplicando logaritmo dos dois lados, temos:

$$\log f_{cj} = \log(K_1 \times K_2^{-a/c})$$

Das propriedades do logaritmo:

$$\log f_{cj} = \log K_1 - a/c \log K_2$$

Chamando:

$$y = \log f_{cj}; \quad b = \log K_1; \quad a = \log K_2$$

Forma-se a reta  $y = -ax + b$

Desta forma a equação fica linear em escala monolog, como apresentada na Figura 6, possibilitando achar as constantes  $K_1$  e  $K_2$  através das equações das retas.

Foram retirados três pontos diretos do gráfico, para cada tipo de cimento, como mostrado na Tabela 13.

Dos pontos retirados do gráfico montou-se outra tabela com o logaritmo das coordenadas, como mostrado na Tabela 14.

**Tabela 14 - Dados da curva de abrams em escala logarítmica.**

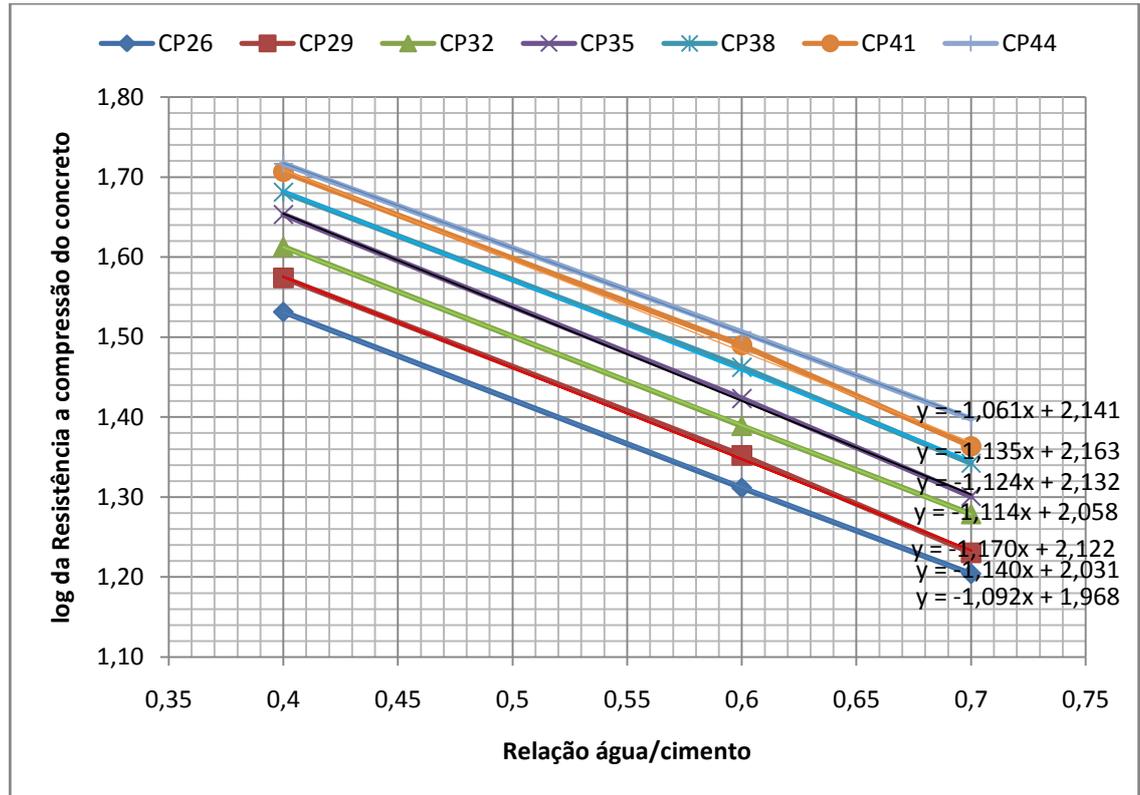
CP26		CP29		CP32		CP35	
a/c	log(fcj)	a/c	log(fcj)	a/c	log(fcj)	a/c	log(fcj)
0,4	1,53	0,4	1,57	0,4	1,61	0,4	1,65
0,6	1,31	0,6	1,35	0,6	1,39	0,6	1,42
0,7	1,20	0,7	1,23	0,7	1,28	0,7	1,30

**Tabela 14 – Continuação...**

CP38		CP41		CP44	
a/c	log(fcj)	a/c	log(fcj)	a/c	log(fcj)
0,4	1,68	0,4	1,71	0,4	1,72
0,6	1,46	0,6	1,49	0,6	1,51
0,7	1,34	0,7	1,36	0,7	1,40

Com auxílio do programa Microsoft Office Excel foi traçado o gráfico da curva de abrams, de onde foram retiradas as equações das retas para os tipos de cimento indicados.

**Figura 17-** Curva de Abrams em forma linear.



Através dos coeficientes lineares e angulares das retas é possível achar os valores das constantes  $K_1$  e  $K_2$  para todos os tipos de cimento expostos, como demonstrado abaixo.

$$a = \log K_1 \rightarrow K_1 = 10^a$$

$$b = \log K_2 \rightarrow K_2 = 10^b$$

Os valores calculados das constantes são apresentados na Tabela 15.

**Tabela 15** - Valores das constantes  $K_1$  e  $K_2$  da lei de Abrams.

CP26		CP29		CP32		CP35	
K1	K2	K1	K2	K1	K2	K1	K2
92,89664	12,35947	107,3989	13,80384	114,2878	13,0017	132,4342	14,79108

**Tabela 15** – Continuação...

CP38		CP41		CP44	
K1	K2	K1	K2	K1	K2
135,5189	13,30454	145,5459	13,64583	138,3566	11,508

**ANEXO B – FLUXOGRAMA SIMPLIFICADO DO APLICATIVO****Figura 18** - Fluxograma simplificado do aplicativo.