



**Coordenação de Iniciação Científica, Monitoria e Extensão**  
**Curso de Bacharelado em Engenharia Civil**

**APLICAÇÃO DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS A**  
**ANÁLISE DE CORPOS DE PROVA CIMENTÍCIOS**

**LEONARDO TAVARES DE SOUZA**  
**EDMILSON QUEIROZ DOS SANTOS FILHO**

Fortaleza - CE

2019

APLICAÇÃO DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS A ANÁLISE DE CORPOS DE PROVA  
CIMENTÍCIOS

Leonardo Tavares de Souza  
Edmilson Queiroz dos Santos Filho

Projeto de Iniciação Científica do Curso de  
Bacharelado em Engenharia Civil da Faculdade Ari  
de Sá.

Fortaleza-CE

2019

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	4
2	JUSTIFICATIVA	5
3	OBJETIVOS	6
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	6
5	METODOLOGIA	9
6	CRONOGRAMA	10
	REFERÊNCIAS	12

## RESUMO

Os materiais cimentícios são os materiais mais utilizados no mundo e muitos desafios são intrínsecos à caracterização desses materiais. Suas propriedades mecânicas, no uso de desempenho e vida útil são regidas por uma complexa rede interna desordenada e porosa, que ainda é pouco conhecida e estudada. Estes materiais são heterogêneos em múltiplas escalas tornando-se difícil a sua caracterização. Atualmente, para a realização da análise de corpos de provas cimentícios é utilizado o ensaio destrutivo. Este ensaio depende de equipamentos com um custo elevado, além de possuírem um tamanho inviável de serem levados aos canteiros de obras. Dessa forma, com a evolução da tecnologia da computação digital e de novos algoritmos para processamento de sinais bidimensionais (imagens) nas últimas décadas, a área de Processamento Digital de Imagens (PDI) tem se tornado aplicável a vários problemas de Engenharia Civil, tais como: análise do tamanho e forma de agregados, estudo da microestrutura do concreto, medição de deformações em estruturas, detecção de fissuras em pavimentos dentre outros. Desta forma, apresenta-se neste trabalho a proposta de estudo e desenvolvimento de algoritmos para o PDI e suas aplicações a análise de corpos de prova cimentícios buscando-se analisar a forma e distribuição dos agregados graúdos dando subsídios para o módulo de determinação da dureza do material.

**Palavras-chave:** Corpo de Prova. Cimentícios. PDI. Reconhecimento de Padrões.

## 1. INTRODUÇÃO

A resistência do concreto é uma propriedade diretamente ligada à segurança e à estabilidade estrutural. Dessa forma, os ensaios de resistência à compressão são capazes de indicar eventuais variações da qualidade de um concreto, seja com relação à dosagem, seja quanto a seus insumos.

Desde o momento em que o concreto é preparado na concreteira até a aplicação na obra, há uma série de fatores que podem colocar em risco sua resistência e desempenho. Entre eles, é possível destacar o atraso no caminhão-betoneira que ultrapassa os limites previstos em norma, as mudanças climáticas ou mesmo a adição excessiva de água na mistura em uma tentativa de assegurar maior trabalhabilidade.

A partir daí, destaca-se a importância da realização de testes laboratoriais para confirmar se a resistência do concreto fornecido é a mesma prevista em projeto. Tal controle de qualidade é fundamental para garantir a vida-útil da estrutura, bem como a segurança dos funcionários da obra e de todas as outras pessoas, proprietárias ou não, que irão usufruir do empreendimento no futuro. Atualmente, o teste de resistência do concreto é feito pelo método do ensaio de compressão axial. Após o laboratório receber o corpo de prova da obra, ele é armazenado em câmara úmida por um tempo determinado de acordo com o pedido do cliente. Vencido este prazo o corpo de prova segue para outro setor do laboratório onde ele passa por um nivelamento das superfícies para que encaixe perfeitamente na máquina que irá fazer o ensaio, e finalmente ele é encaminhado para a última fase, chamada de rompimento. A máquina exerce uma força gradual de compressão sobre o corpo de prova até que o

mesmo venha a romper, a força exercida é dividida pela área de topo do corpo de prova em  $\text{cm}^2$ , obtendo-se então a relação de Quilograma-força (exercido pela máquina) por  $\text{cm}^2$ .

Como uma alternativa ao processo tradicional de medição de resistência do concreto, esta proposta busca desenvolver um algoritmo que utiliza ferramentas de processamento de imagens digitais e computação gráfica.

A Computação Gráfica (CG) pode ser dividida em pelo menos três grandes áreas: a Síntese de Imagens (SI), o Processamento de Imagens (PI) e a Análise de Imagens (AI). Essas áreas são esquematizadas na figura 1. O PI considera a manipulação de imagens depois de capturadas por dispositivos que podem ser câmeras digitais, scanners, radares, satélites, etc. A área de PI inclui tópicos como diminuição de ruídos (filtragem), realce e restauração de imagens e seus algoritmos são úteis em estágios iniciais de sistemas de análise de imagens, sendo utilizados para melhor extrair as informações necessárias para a realização das etapas posteriores. Nesta etapa a imagem é um dado de entrada e de saída. Já os algoritmos de AI tomam essas imagens melhoradas no PI como entrada para produzir outro tipo de saída que, em geral, são saídas numéricas, ou seja, a AI consiste em encontrar parâmetros que representem de modo sucinto informações importantes da imagem. A AI se dedica a desenvolver teorias e métodos voltados à extração de informações úteis contidas na imagem. A SI é uma área complementar da AI e envolve a criação de imagens sintéticas por computador a partir de dados dos objetos e cena.

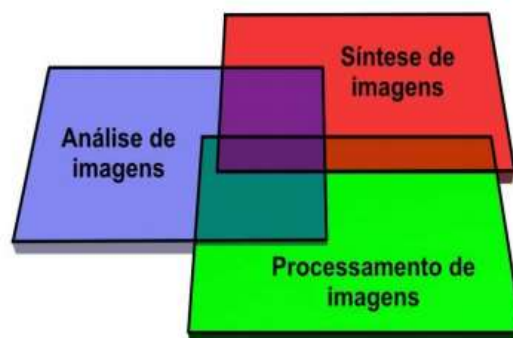


Figura 1: áreas da computação gráfica. (Conci, 2008)

## 2. JUSTIFICATIVA

A investigação relativa a argamassas e seus agregados utilizando-se técnicas de PDI não está ainda totalmente desenvolvida no meio acadêmico, cabendo ainda pesquisas que busquem a otimização dos algoritmos e o barateamento dos softwares desenvolvidos comercialmente. Pelo fato de vários aspectos interferirem na estrutura interna, na porosidade e na distribuição dos poros, justifica-se então a busca de

mais uma técnica que permita aglomerar conhecimento. Essa proposta busca contribuir com uma ferramenta para visualizar a estrutura interna de materiais cimentícios sem a necessidade de um ensaio destrutivo da amostra. Também será possível mesmo realizar o ensaio de compressão, estimar a dureza da amostra. Essa contribuição pode auxiliar quanto aos tipos de materiais utilizados e estimar de maneira precisa a dureza do material.

### **3. OBJETIVOS**

#### **Objetivo Geral**

Busca-se com a presente proposta desenvolver um sistema computacional capaz de estimar a resistência do concreto através de técnicas de processamento de imagens digitais.

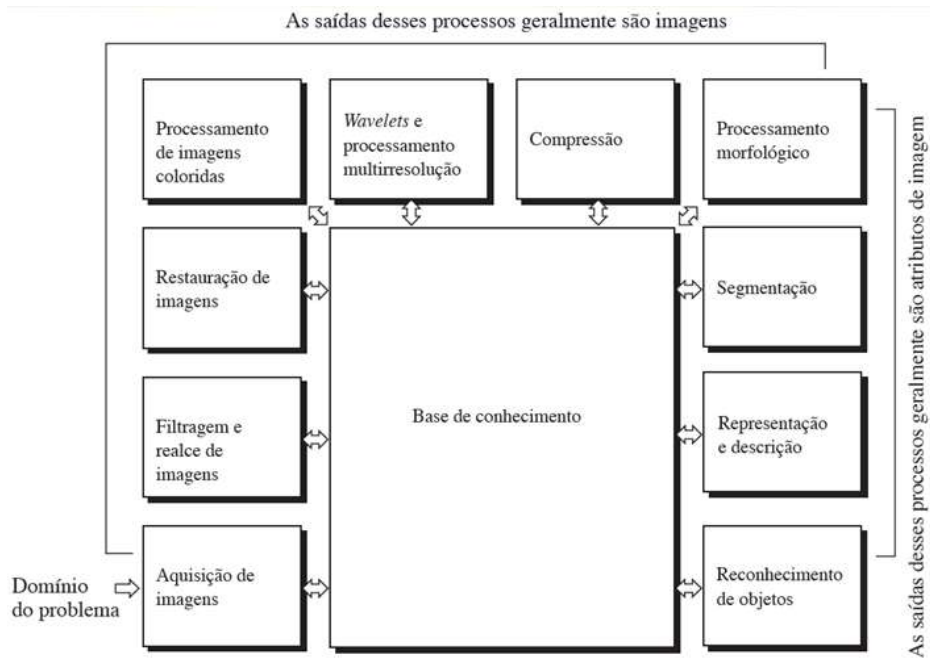
#### **Objetivos Específicos**

- Revisão da literatura relacionada ao assunto
- Construção dos corpos de prova
- Aquisição das imagens digitais dos corpos de prova
- Simulação e testes computacionais

### **4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

O Processamento Digital de Imagens (PDI) envolve um conjunto de técnicas que utilizam de operações matemáticas para alterar os valores dos pixels de uma imagem digital, modificando-a para facilitar sua visualização, armazenamento ou classificação (GOMES, 2001).

Na Figura 2 pode ser visto um diagrama que ilustra algumas metodologias que podem ser aplicadas a imagens para diferentes propósitos e objetivos. Neste trabalho utilizaremos, por exemplo, os blocos de aquisição de imagens, wavelets e processamento multiresolução, representação e descrição, e reconhecimento de padrões em imagens.

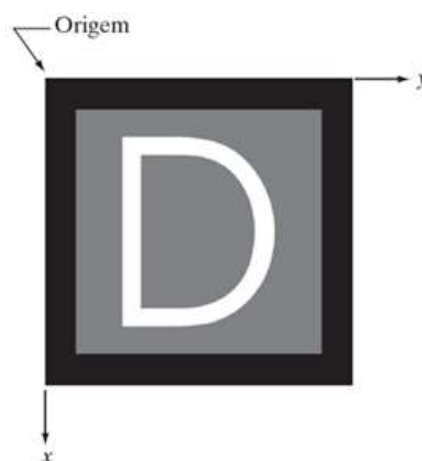


**Figura 2: Passos fundamentais em processamento de imagens digitais.**

Fonte: (GONZALEZ & WOODS, 2010).

Uma imagem monocromática pode ser definida como uma função bidimensional,  $f(x,y)$ , em que  $x$  e  $y$  são coordenadas espaciais, e a amplitude de  $f$  em qualquer par de coordenadas  $(x, y)$  é chamado de intensidade ou nível de cinza da imagem nesse ponto. Quando  $x, y$  e os valores de intensidade de  $f$  são quantidades finitas e discretas, chama-se de imagem digital (GONZALEZ & WOODS, 2010).

A Figura 3 mostra o exemplo de uma imagem monocromática e a convenção utilizada neste trabalho para o par de eixos  $(x, y)$ .



**Figura 3: Convenção utilizada para o par de eixos  $(x, y)$ .**

Fonte: (GONZALEZ & WOODS, 2010).

A função  $f(x,y)$  representa o produto da iteração entre a iluminância  $i(x,y)$ , a qual exprime a quantidade de luz que incide sobre o objeto, e a refletância ou transmitância do objeto  $r(x,y)$  que exprime a fração de luz incidente que o objeto transmite ou reflete ao ponto  $(x, y)$ . Uma parte essencial do processo de classificação de imagens consiste em convertê-las em vetores de características a serem utilizados no treinamento dos diversos classificadores de padrões avaliados na tarefa de interesse. Os tipos mais comuns de características/atributos incluem bordas, contornos, superfícies e outras características salientes tais como esquinas, interseção de linhas e pontos de alta curvatura da imagem (SILVIA, 2007).

Segundo Silvia (2007), comumente os atributos utilizados são cor, textura e forma. A representação da cor é feita através de modelo, sendo os mais conhecidos, o RGB (Red, Green e Blue), que reflete as características físicas da imagem, e o HSI (Hue, Saturation e Intensity), que reflete o modelo das cores para a percepção humana. Os modelos de textura podem ser divididos em métodos estatísticos (distribuição dos tons e variação de intensidade), métodos geométricos (elementos repetitivos na imagem) e métodos de processamento de sinais (regiões no domínio da frequência).

Extrair as características (atributos) mais importantes em uma imagem pode evidenciar as diferenças e similaridades entre os objetos. O principal objetivo da extração de atributos é realizar uma combinação entre o conjunto de informações fornecidas, criando um espaço de atributos que melhor representa sua discriminabilidade (CASTAÑON, 2003). Esta discriminação pode ser feita relacionando a vizinhança dos elementos de textura e seu posicionamento em relação aos demais (conectividade), o número de elementos por unidade espacial (densidade) e a sua regularidade (homogeneidade).

Não existe uma definição clara de textura, mas é prática comum defini-la como sendo as mudanças na intensidade da imagem que formam determinados padrões repetitivos. Esses padrões podem ser o resultado de propriedades físicas da superfície do objeto (rugosidade), ou ser o resultado de diferenças de reflexão tal como a cor na superfície. A Figura 4 mostra alguns exemplos de imagens com textura.

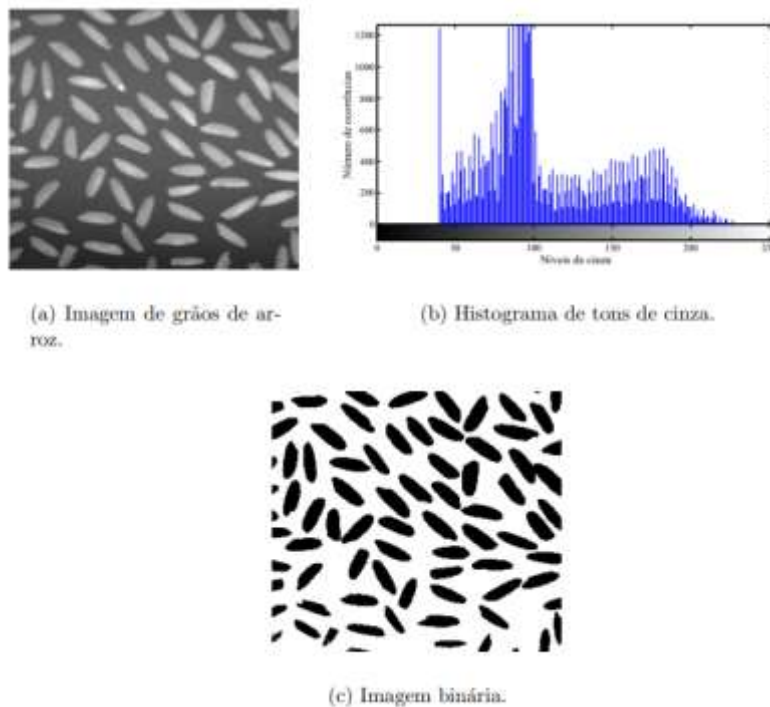


**Figura 4: Exemplos típicos de imagens de diferentes texturas.**

Fonte: (desenvolvida pelo autor).



Uma das operações de segmentação mais utilizadas é a limiarização ou separação por “tom de corte”. Essa operação é interessante quando a imagem apresenta duas classes: o fundo e o objeto. Se a intensidade dos valores dos pixels do objeto encontra-se em um intervalo diferente do fundo, uma imagem binária pode ser obtida através de uma operação de limiarização (thresholding) que agrupa os pontos do primeiro intervalo com o valor 1 e os demais com valor 0, assim, os pixels que possuem valores maiores que um determinado tom é considerado objeto e os pixels que possuem valores menores que este tom é considerado fundo (Conci, 2008).



**Figura 5: processo de limiarização.**

Fonte: (GONZALEZ & WOODS, 2010).

## 5. METODOLOGIA

No estudo proposto o método utilizado para viabilizar a coleta de dados será a utilização de um sistema de visão artificial (SVA). As principais características desse sistema é a reprodutibilidade, a possibilidade de se operar em praticamente todo o espectro de radiações eletromagnéticas e a capacidade de medir objetivamente a cor de objetos (Marques Filho & Vieira Neto, 1999). Esse sistema se constitui, basicamente, de uma câmera conectada a um computador por meio de uma placa de aquisição de vídeo e de programas computacionais específicos de processamento de imagens, para extração das informações desejadas. A partir dessas informações, o sistema pode gerar um sinal para controle de máquinas, ou armazenar os dados para utilização posterior como, por exemplo, a elaboração de um mapa de prescrição (Pinto et al., 2002).

O ambiente computacional utilizado no estudo será o software Matlab R2015a em um computador Intel Core i3 4GB de RAM 500GB de HD, rodando o sistema operacional Windows 10. Será construído um banco de imagens de corpos de provas coletadas por uma câmera com alta resolução.

O projeto de pesquisa proposto tem uma carga horária total de 120h distribuídas em um período de 9 meses em que serão desenvolvidas as seguintes atividades:

- Revisão da literatura
- Construção dos corpos de prova
- Simulação e testes computacionais
- Redação do relatório final
- Divulgação dos resultados (artigo)

Serão realizados encontros quinzenais de 2h, onde serão distribuídas as tarefas e apresentadas as entregas de cada atividade concluída.

**Equipe de trabalho:**

Nome	Forma de Participação (função)	Instituição	Horas dedicadas
Leonardo Tavares de Souza	Pesquisador	FAS	120h
Edmilson Queiroz dos Santos Filho	Pesquisador	FAS	120h
Aluno 1	Bolsista	FAS	80h

Fonte: Elaborado pelo autor.

**6. CRONOGRAMA**

Atividades	Semestre									
	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	
Revisão de literatura										
Construção dos corpos de prova										
Simulações e Testes computacionais										
Redação do Relatório Finais										
Divulgação dos resultados da Pesquisa em periódicos										

Fonte: Elaborado pelo autor.

## RECURSOS

Detalhar os recursos dos quais necessitará para desenvolver a pesquisa. Eles podem ser:

- Recursos humanos: conforme descrito na metodologia serão utilizados 2 pesquisadores e 1 discente de acordo com carga horária já especificada.
- Recursos materiais:
  - Os corpos de prova serão construídos através de uma parceria já existente entre a Faculdade Ari de Sá (FAS) e a Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará (NUTEC).
  - O projeto proposto não necessitará de compra de materiais, pois se trata de um projeto de simulação computacional.

## REFERÊNCIAS

AZEVEDO, Eduardo, CONCI, Aura. Computação gráfica: geração de imagens. 8.ed. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

CASTAÑON, C. A. B. Recuperação de Imagens por Conteúdo Através de Análise Multiresolução por Wavelets. 2003. 9-40. Dissertação (Mestrado). Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – ICMC-USP.

GOMES, Otávio da Fonseca Martins. Processamento e Análise de Imagens Aplicados à Caracterização Automática de Materiais. 2001. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Metalúrgica, Departamento de Ciência de Materiais e Metalurgia, Pontifícia Universidade Católica de Rio de Janeiro – PUC/RIO, Rio de Janeiro, 2001.

GONZALEZ, R. C. & WOODS, R. E. Processamento Digital de Imagens. Editora Pearson / Prentice Hall, 2010, 3ªed.

GONZALEZ, R. C., WOODS, R. E., EDDINS, S. L. Digital Image Processing using MATLAB. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2004. 307-338.

MALLAT, S. A theory for multiresolution signal decomposition: The wavelet representation. Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, 11(7):674–693, 1989.

MARQUES FILHO, O.; VIEIRA NETO, H. Processamento digital de imagens. Rio de Janeiro: Brasport, 1999, 406p.

PINTO, F.A.C.; SENA JR, D.G.; QUEIROZ, D.M.; GOMIDE, R.L. Visão artificial na agricultura de precisão. In: Balastreire (ed.) Avanços na Agricultura de Precisão no Brasil no período 1999-2001, Piracicaba: L.A. Balastreire, 2002, p.309-316.

SILVIA, C. Y. V. W. Extração de características de imagens médicas utilizando wavelets para mineração de imagens e auxílio ao diagnóstico. São Carlos, 2007.123p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – ICMC-USP.

ZIMMERMANN, M. H. Aplicação de técnicas de processamento digital de imagens ao monitoramento de comportamento dinâmico de estruturas. Trabalho final de curso, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2008.

ZELELEW, H. M. et al. Application of Digital Image Processing Techniques for Asphalt Concrete Mixture Images. The International Conference, 12., 2008. International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics. Goa, 2008.